



TITLE:

西南暖地傾斜地における草地の効
率的放牧利用法に関する研究(
Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

大槻, 和夫

CITATION:

大槻, 和夫. 西南暖地傾斜地における草地の効率的放牧利用法に関する
研究. 京都大学, 1989, 農学博士

ISSUE DATE:

1989-07-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r6958>

RIGHT:

西南暖地傾斜地における草地の 効率的放牧利用法に関する研究

大 槻 和 夫

1989

西南暖地傾斜地における草地の効率的放牧利用法に関する研究

西南暖地傾斜地における草地の効率的放牧利用法に関する研究

目 次

第 1 章 緒言 -----	1
第 1 節 西南暖地における放牧研究の背景と問題点	
第 2 節 本研究の目的と構成	
第 2 章 傾斜地における寒地型牧草地の適正利用法 -----	3
第 1 節 傾斜条件の相違が寒地型牧草の生育に及ぼす影響	
第 2 節 寒地型牧草地の適正放牧圧	
第 3 節 要約	
第 3 章 寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせた不耕起造成 草地の維持年限と季節生産性 -----	34
第 1 節 寒地型牧草と暖地型牧草の組み合わせと維持年限 との関係	
第 2 節 寒地型牧草と暖地型牧草の組み合わせと季節生産 性との関係	
第 3 節 要約	
第 4 章 短草型草地の植生と適正利用法 -----	59
第 1 節 シバ草地の植生と牧養力	
第 2 節 バミューダグラス草地の植生と牧養力	
第 3 節 シバ草地とバミューダグラス草地の比較	
第 4 節 要約	
第 5 章 暖地傾斜地における放牧子牛の発育 -----	103
第 1 節 放牧雌子牛の発育	
第 2 節 放牧去勢牛の発育	
第 3 節 要約	
第 6 章 総合考察及び結論 -----	116
摘要	
謝辞	
引用文献	
Summary	

西南暖地傾斜地における草地の効率的放牧利用法に関する研究

第1章 緒言

第1節 西南暖地における放牧研究の背景と問題点

わが国において放牧は牛馬飼養の開始とともに行われはじめたと考えられ、放牧場は”牧(まき)”とよばれた。制度としての記録は古く701年の大宝令に見られるという¹³³⁾。しかし、自然草地の改良は1931年の牧野法、人工草地の造成と利用は1953年の高度集約牧野の設定を待たねばならなかった⁴²⁾。このように、わが国における本格的な草地開発、とくに人工草地の造成、利用の歴史は浅く、今後解明すべき問題が数多く残されている。地形からみるとわが国は南北に細長く、その気候は亜寒帯から亜熱帯まで及んでいる。年平均気温は10℃以下の北海道から20℃以上の沖縄県にわたり、降水量も地域によって大きく異なっており¹⁵³⁾、環境条件に応じた草地の造成、利用技術の確立が必要である。

本研究で対象とする西南暖地は、本州の中部以南、四国及び九州地域を含んでいる。当地域において放牧草地を造成、利用しようとする場合、考慮すべきことは以下の二点が主要なものと考えられる。まず第一点は、気候的な要因である。すなわち、寒地型牧草にとっては気温が高いため夏枯れを生じ、季節生産性の変動が大きいことである^{45, 60, 69, 112, 115)}。一方、暖地型牧草にとっては逆に気温が十分とは言えず、夏季にしか生産量が確保できないし、越冬が困難な場合もある^{38, 51, 68, 78, 113, 116, 134)}。このように当地域は両型牧草の適温域の接点に位置し、適草種の選定に困難をとまなうことである。しかし、気温が比較的温暖であるということは、それだけ寒地型牧草の生育期間が長いという利点があり、放牧期間の延長をはかることが可能である。細山田ら³⁵⁾は、秋季に備蓄した寒地型牧草を緑色を保ったまま冬季に放牧利用できることを明らかにし、肉用牛の周年放牧技術を提唱している。

もう一点は、地形的条件として、傾斜地の割合が多いことである。例えば、農林水産省統計表⁹⁴⁾の牧草地の傾斜度別面積割合によると、北海道では平坦地（傾斜度5度未満）61%、傾斜地（同5度以上15度未満）37%、急傾斜地（同15度以上）2%であるのに対し、都府県ではそれぞれ26%、61%及び13%であり、傾斜地と急傾斜地の割合が多い。さらに、地域ごとにみると、北陸、中国、四国及び九州地域では平坦地の割合が20%以下と少なく、しかも東海、中国、四国地域では急傾斜地の割合が20%以上を占めている。傾斜草地ではその傾斜条件によって牧草の生育環境が異なるため^{6, 7, 51, 52, 117, 138, 142, 147, 152)}、草種の選定がさらに困難とならざるをえない。しかも、放牧家畜による踏み崩しなど土壌崩壊の危険性が大きく^{104, 112)}、利用管理上においても大きな制約をうけることである。

第2節 本研究の目的と構成

本研究では上記の制約条件を考慮に入れたうえで、草地及び放牧家畜にとって最適な利用管理法を確立するため、以下の点について検討を試みた。

第2章では、寒地型牧草について、傾斜条件と牧草の生育との関係を日射量、地温、土壌水分と関連づけて解明するとともに、暖地傾斜地において同型牧草の単播草地を長期安定的に利用するための適正放牧圧を検討した。

第3章では、西南暖地における不耕起造成草地の維持年限の延長と牧草の季節生産性平準化をはかるため寒地型牧草と暖地型牧草との適切な組み合わせ方法を検討した。

第4章では、急傾斜地における短草型草種の有効性を、その生産量や植生遷移の面から解明した。

第5章では、周年放牧牛から生産され、濃厚飼料無給与で放牧育成された子牛の発育から、放牧子牛の適正飼養法を検討した。

最後に第6章では、以上の研究結果をふまえ、西南暖地における放牧利用技術の今後の方向について考察した。

第2章 傾斜地における寒地型牧草地の適正利用法

第1節 傾斜条件の相違が寒地型牧草の生育に及ぼす影響

1 目的

最近は草地開発の対象地もしだいに奥山の傾斜地に制限されつつある。傾斜地を草地として利用する場合、その傾斜方向や角度によって、日射量、地温、土壌水分などの環境条件が異なり、そこに栽培される牧草の生育や収量なども当然異なることが予想される。これらについてはこれまで傾斜面に栽培した作物や地温、土壌水分などが調査され(6, 7, 46, 49, 52, 138, 147, 152)、また、斜面の環境条件の決定に重要な影響を与える日射量については、緯度や斜面の傾斜方向・角度に応じて理論的に算出されるなど多数報告されている(117, 125, 142, 147)。しかし、牧草を実際に斜面に栽培し、傾斜条件との関係を検討した研究は少ない。そこで、本節では、傾斜方向及び角度の異なる人工斜面に寒地型牧草を栽培し、その生育と環境条件との関係を明らかにすることによって、傾斜条件に応じた適性利用法を確立することを目的とする。

2 材料と方法

1) 試験圃場と供試草種

香川県善通寺市の大麻山(標高616m)の北面山麓にある農林水産省四国農業試験場土地利用部内の標高120~130mの位置に人工の斜面を造成した。斜面の傾斜方向は、東、西、南、北面における予備調査の結果、北(N)面と南(S)面に最も大きな差がみられたので2方向にしぼり、これと傾斜角度15度、30度とを組み合わせで4処理区とし、対照区に平(L)面を設け、それぞれN15、N30、S15、S30及びLと略称する。1区の面積は25m²(斜面長5m×横幅5m)とし、表土には安山岩崩積土を約40cmの厚さに入れ、10a当たりN 12.0kg、P₂O₅ 28.8kg、K₂O 12.0kg及び消石灰 120kgを同時に施用した。また、刈り取り後の施肥は、刈り取りごとに10a当たりN、K₂O 各3.0kgを、4、10、11月(1979年は3月も含む)の刈り取り後にはP₂O₅ 2.4kgを含む化成肥料で行った。

供試草種は寒地型牧草のトールフェスク (*Festuca arundinacea* Schreb.) ケンタッキー31で、1978年10月19日に10a当たり3kg播種した。

2) 調査項目

(1) 収量

1979年3月から11月まで及び1980年、1981年4月から11月まで、各月の10日を目途に約1か月間隔で1区当たり1m²4反復で刈り取り、収量を調査した。なお刈り取りの高さは地際から5cmとし、刈り取り調査部以外の草地も調査時ごとに同時に刈り払った。試料は70℃の通風乾燥機で2昼夜連続乾燥後30分間放冷して重量を測定し、これを乾物重とした。

(2) 裸地率

刈り取りごとに、刈り取り後のコドラート内の裸地面積割合を目測で求めた。

(3) 日射量

日射計(農試電試型)の受光部が、L、N30、S30のそれぞれの草地面と平行になるよう日射計を設置し、1980、1981年の2か年間連続して日射量を測定した。

(4) 地温

検出器(ニッケル測温抵抗体)を5処理区の草地内の地表下2cmと5cmの位置にそれぞれ埋設し(以後、2cm、5cmと略称する)、打点式自記記録計で1978年10月から1980年12月まで連続して地温を測定した。

(5) 土壌水分

試験草地を造成した1978年秋に2回、1979年は各季節に1～数回ずつ、1980、1981年は年3回、10mm程度の降雨のあった約1週間後を目途に土壌水分の調査を行った。採土は午前中に100mlの採土管で地表から5cm分の土壌を1処理区につき2か所採取し、105℃で恒量になるまで乾燥し、水分率を求めた。

(6) 牧草中の成分含量

処理区別及び時期別の牧草の飼料価値を明らかにするため、次の分析を行った。粗灰分含量は常法⁶²⁾により、全窒素含量はガンニング変法⁵³⁾によって測定した。また、Neutral detergent fiber (NDF) 含量はVan Soestの方法¹⁴⁹⁾により、Acid detergent fiber (ADF) 含量及びADF中リグニン(ADL)含量は畜産試験場の方法⁹⁹⁾によってそれぞれ測定した。

3 結果

1) 収量と季節生産性

刈り取りごとのトールフェスクの収量を第1表に示した。

年次別の年間収量は、1979年(利用1年目)と1980年(同2年目)の同一処理間ではほぼ同程度か後者がやや多かったが、1981年(同3年目)は各区とも前年に比べて3~4割程度減少した。処理別にみると、3か年ともL面とN面が多く、S面が少ない傾向にあり、3か年を平均すると10a当たり乾物重でL:963kg、N15:928kg、N30:840kg、S15:638kg、S30:633kgであった。

トールフェスクの処理ごとの季節生産性を明らかにするため、第1表から1日当たりの生産量を算出し、さらに月別生産量に換算して第1図に示した。

1979年は各区とも4月及び7月の生産量が最も多く、4~7月の月別生産量の差は比較的小さかった。5処理間の生産量を比較すると、3月では処理間に大きな差がみられなかったが、4月以降はL面とN面がS面より常に多かった。

1980年は、3月にはS面の生産量がN面より多かったが、4月以降は前年同様L面とN面がS面より常に多かった。とくにL面とN面の4月、次いで5月の生産量は10a当たり乾物重で200kg前後と非常に多く、特徴的であった。そして、6月以降は漸減の傾向を示した。一方S面では、4月及び5月の生産量はL面、N面の半分程度と少なく、4~7月の月別生産量の変動は比較的少なかったが、8月以降は漸減した。各区とも秋季の回復は少なかった。

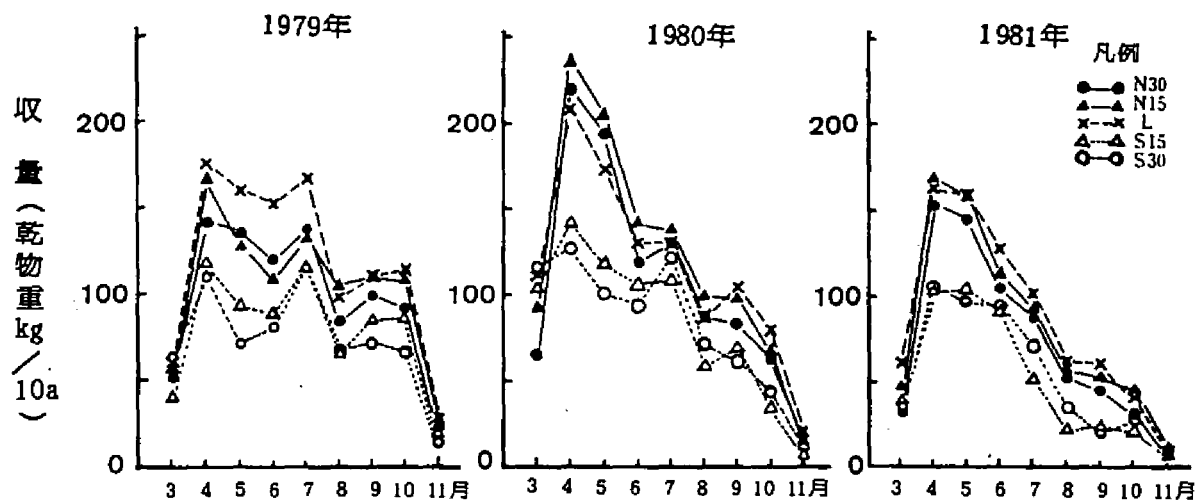
1981年は各処理とも前年とほぼ同様の季節生産性を示したが、年

第1表 刈り取りごとのトールフェスクの収量

(乾物重kg/10a)

年次	处理	3.9	4.12	5.10	6.11	7.10	8.10	9.14	10.12	11.14	計・
1979年	N30	38	76	173	118	121	141	69	122	63	883
	N15	102	84	206	93	116	140	102	118	91	950
	L	104	88	216	132	163	165	81	131	91	1067
	S15	154	61	144	70	97	122	49	111	61	715
	S30	193	95	117	49	95	123	51	88	47	665
	处理		4.9	5.12	6.9	7.10	8.8	9.9	10.8	11.12	計
1980年	N30		83	304	129	116	128	76	85	62	983
	N15		118	319	138	144	126	91	99	58	1093
	L		143	268	117	136	120	77	113	72	1046
	S15		131	173	84	116	99	47	75	22	747
	S30		146	146	74	103	121	55	64	40	749
	处理		4.10	5.13	6.10	7.10	8.7	9.11	10.12	11.13	計
1981年	N30		42	224	91	107	77	46	47	19	653
	N15		59	244	102	115	78	51	57	34	740
	L		77	226	112	131	83	56	65	25	775
	S15		49	143	74	96	30	18	25	17	452
	S30		44	146	62	104	52	29	19	30	486

注) *印の計には3月9日の収量は含まない。



第1図 トールフェスクの月別生産量

間収量でも述べたように、各月の生産量は前年より少なかった。また、各区とも8月以降の生産量の低下がとくに著しく、前年の5割程度であった。したがって、秋季の生産量の回復が小さく、スプリングフラッシュ時にのみピークのある単頂型の季節生産性を示した。

2) 裸地率

トールフェスク草地の裸地率の推移を第2図に示した。

1979年3月の裸地率は、N30で78%、他は60~63%あり非常に高い値であったが、各区とも急速に減少して同年11月ではL, N15及びS15では4~5%、N30とS30ではやや高く11~12%となった。翌1980年は各区とも変動が小さく、L, N15及びS15ではいずれも4%以下であり、N30はそれらよりやや高く、S30はN30よりわずかに高く推移した。1981年においても前半は前年と同様安定して推移したが、9~10月以降S面でやや増加の傾向がみられた。

3) 日射量

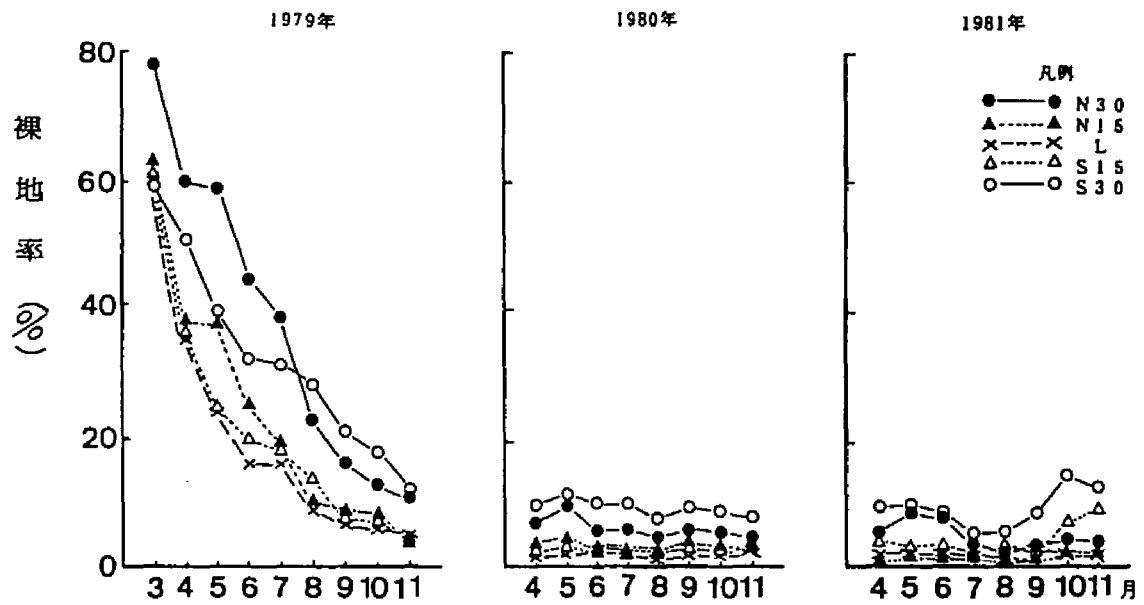
第3図には月別の積算日射量の推移(1979、1980年の平均値)を示した。

N30の日射量は年間を通じてL, S30より少なく、冬季は特に少なかった。S30の日射量は、10月から3月の冬季を中心とした期間はLよりも多かったが、4月から8月の間は逆にLが多かった。

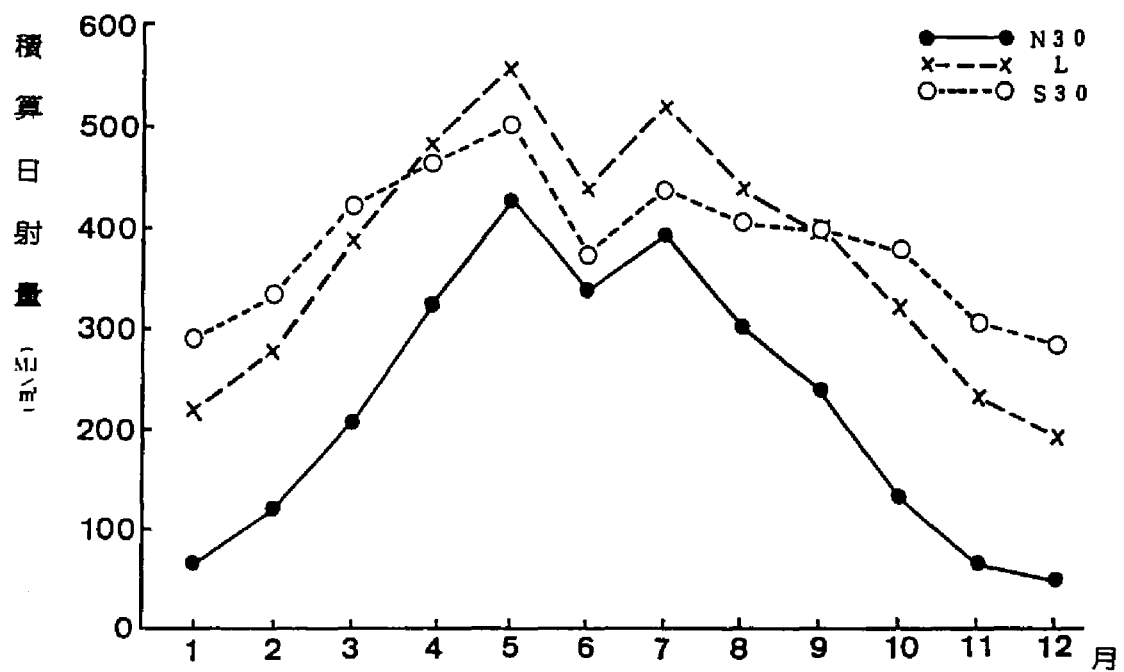
また、N30のLに対する割合は、12月がわずかに24%と最も小さく、6月が最大で77%に達した。一方、S30のLに対する割合は7月が最も小さく84%、12月が最も大きく144%であった。また3処理間の最大の差は10月から3月まではN30とS30の間にあり、10月の差が $248 \text{ MJ} / \text{m}^2$ あって最も大きく、平均 $232 \text{ MJ} / \text{m}^2$ あった。一方4月から8月まではN30とLの差が最も大きかったが、その差は平均 133 m^2 と小さかった。すなわち、処理間の差は秋~冬季が大きく、春~夏季が小さい傾向がみられた。

4) 地温

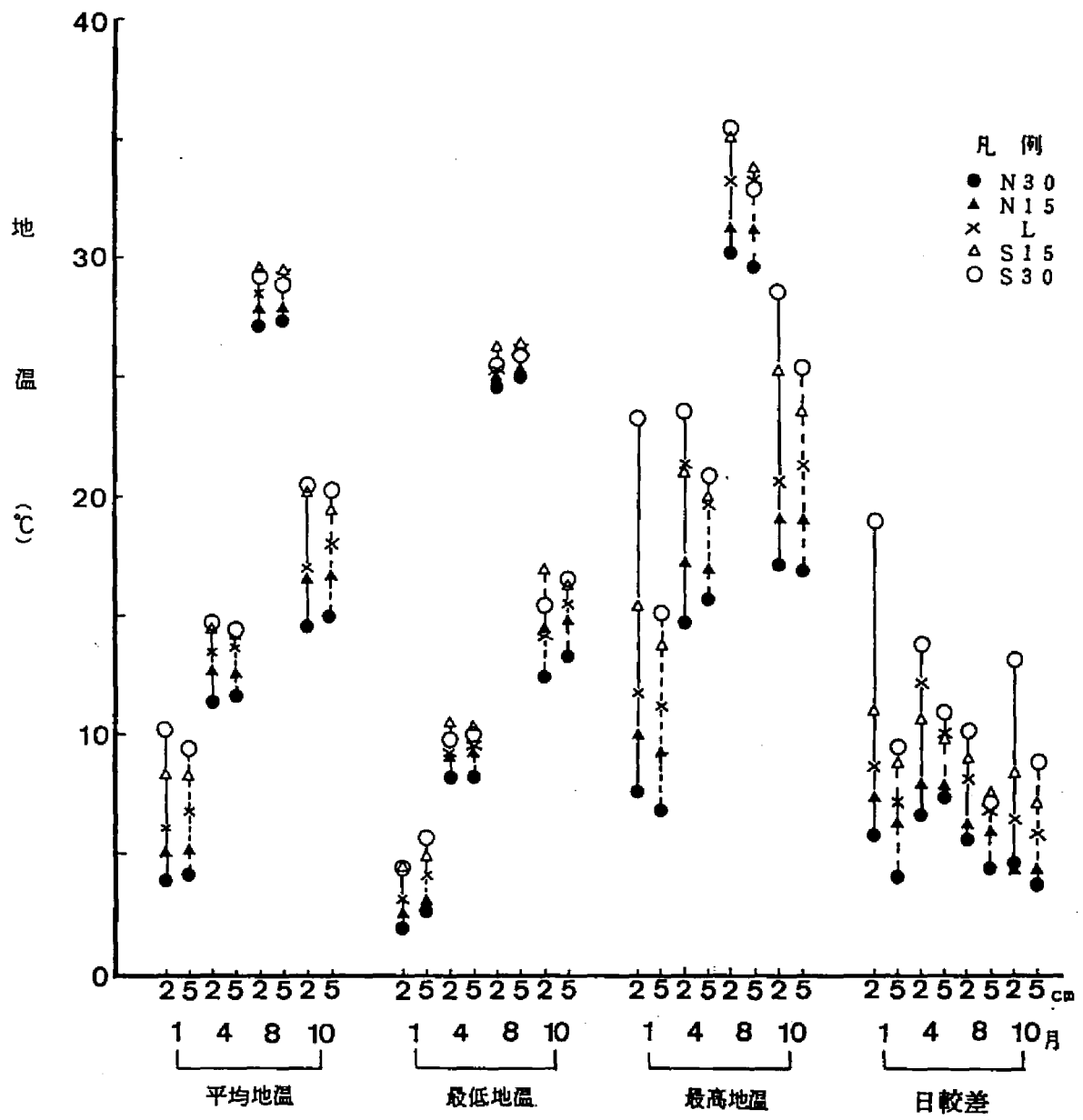
トールフェスク草地の地表下2cmと5cmの時期別の地温を第4図に示した。いずれの時期もほぼ連続した晴天日5日間の地温の平均



第2図 トールフェスク草地の裸地率の推移



第3図 月別の積算日射量の推移 (1979, 1980年の平均値)



第4図 トールフェスク草地の地表下2cmと5cmの時期別地温 (1979年)

注) すべて晴天日5日間の平均値。また平均地温は1時間ごとの平均値。

値で示した。

平均地温についてみると、同一斜面の2 cmと5 cmの差は最大 2.4℃で、大部分は1℃以内であった。処理間を比較すると、1月では $S30 > S15 > L > N15 > N30$ の関係がみられ、S30とN30との間の差が最も大きい傾向にあったが、4月ではS15とS30の差がきわめて小さく、7、8月ではLとの差もきわめて小さくなった。しかし、10月には再び差が大きくなり、処理間の平均地温の差は秋季から冬季が大きく、春季から夏季が小さい傾向がみられた。

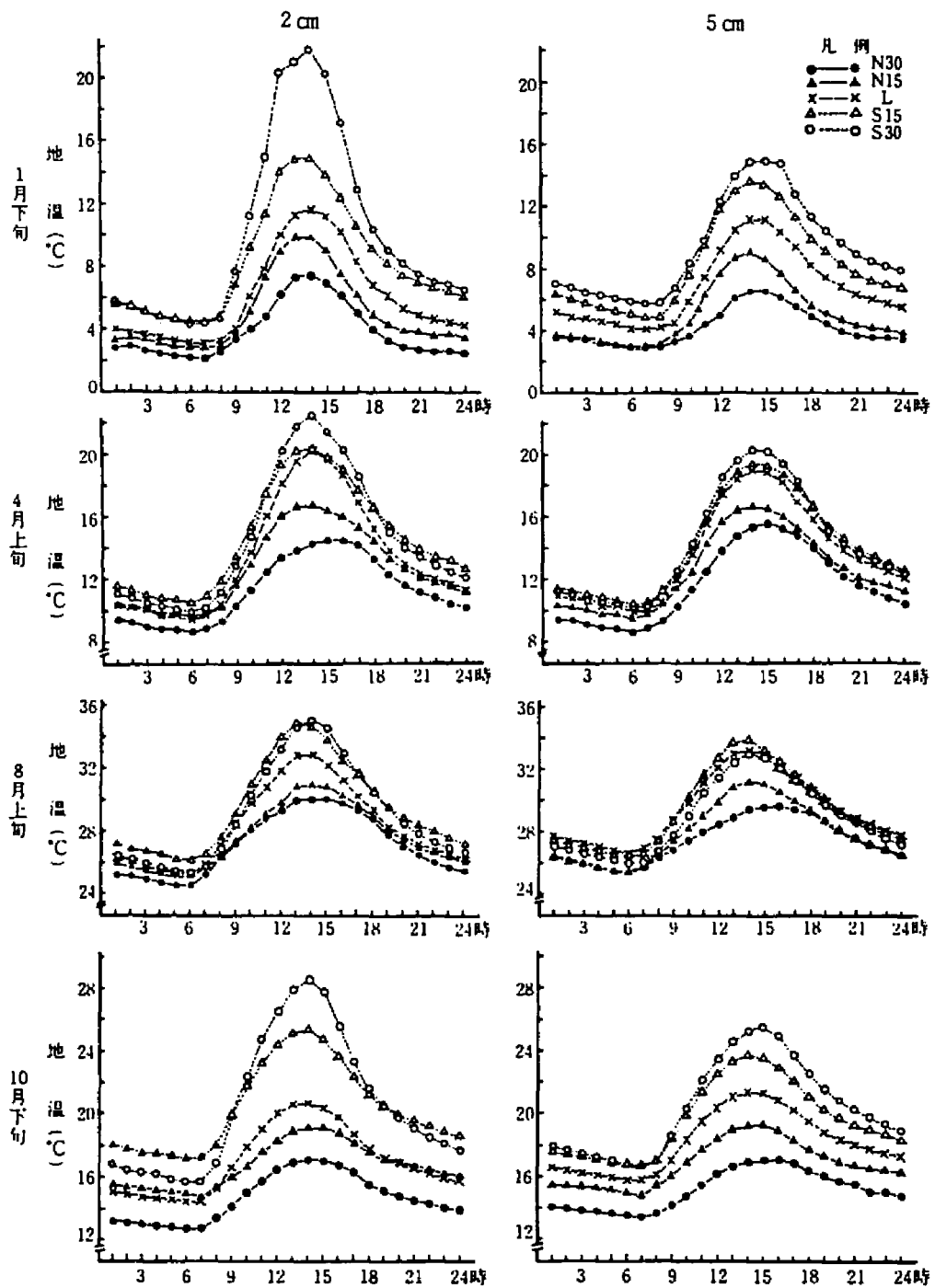
最低地温は、同一斜面の2 cmと5 cmでは後者が高い場合が多かったが、その差は小さかった。また、処理間の差はN30が最も低くS30あるいはS15が高かったが、処理間の最大の差は各時期とも5℃以内であった。

最高地温は、同一斜面の2 cmと5 cmでは多くの場合2 cmの方が高かった。処理間を比較すると、1月と10月では $S30 > S15 > L > N15 > N30$ の関係が明確であったが、4月と8月ではS15、S30及びLの差が小さくなり、平均地温と同様の傾向がみられた。処理間の最大の差は2 cmでは1月にはS30とN30の間に16℃あったが、8月では5℃と小さかった。

最低地温と最高地温の日較差は、同一斜面の2 cmと5 cmでは多くの場合2 cmの方が大きかった。処理間を比較すると、いずれの時期もS面が大きくN面が小さい傾向にあり、最高地温が大きく反映していた。

つぎに、トールフェスク草地における地温の1日の推移を第5図に示した。

地温は各時期とも日中に高く処理間の差も大きく、夜間に低く差も小さくなった。1月と10月では処理間の差が終日明瞭で、概して $S30 > S15 > L > N15 > N30$ の関係がみられた。しかし、4月と8月ではL面とS面の差が少なくなり、前述のように処理間の差も小さくなった。



第5図 トールフェスク草地における地温の1日の推移 (1979年)

注) 各時期とも晴天日5日間の平均値。

第6図には、利用期間中のトールフェスク草地の5cmの平均地温の推移をN30、L及びS30について示した。

各処理の平均地温とも、3月から次第に増加して8月中旬に最高に達し、それ以降は急速に低下した。処理間の差は春季と秋季の方が夏季より大きかった。

5) 土壌水分

トールフェスク草地内で測定した土壌水分のうち、各時期の代表的な水分率を第2表に示した。

水分率の値は同一処理内でも測定時期により、また同一測定時期でも処理によってかなり大きな差がみられた。まず時期による水分率の違いをみると、各処理とも夏季に低く、1979年及び1981年8月の5処理の平均値はそれぞれ11.9%と16.7%であった。一方、冬季は1978年11月では平均16.9%と低かったが、以後3か年は平均25.5~26.7%と比較的高かった。

つぎに処理間の水分率を比較すると、測定時期によって処理間の差にかなりばらつきがみられ、その最大の差は1979年8月の3.9% (N15とS30間の差) から1981年8月の14.7% (LとS30間の差) の範囲にあった。そこで、Lを100とする相対値で比較すると、N15とN30はLと同程度かやや低い水準にあり、S15はそれらよりやや低く相対値は平均86であった。S30では各時期とも5処理のうちで最も低く、平均59にすぎなかった。

6) 牧草の成分含量

トールフェスクの各種成分の含有率の推移を第3表に示した。

成分ごとの季節変動を5処理の平均値でみると、粗灰分は4、5月に比べ6月以降はやや高く推移したが、年間の変動は乾物中9.8~12.3%の範囲にあり、比較的小さかった。全窒素は5月が最も低く6月以降ほぼ直線的に増加した。NDFは5月が最も高く、5~7月は高水準で推移したが、それ以降は経時的に減少した。ADF、ADLについてもNDFとほぼ同様の傾向がみられた。

第3表 トールフェスクの各種成分の含有率の推移

(乾物中%)

成 分	処理	4	5	6	7	8	9	10	11月
粗灰分	N30	11.5	9.9	12.3	11.8	11.2	10.9	12.4	12.1
	N15	10.4	9.3	12.9	10.9	11.2	10.2	12.3	12.4
	L	10.5	10.0	12.3	11.4	11.2	10.1	12.1	11.9
	S15	9.4	10.1	12.2	11.1	11.7	9.7	11.6	12.1
	S30	9.9	9.6	11.8	11.9	11.7	11.4	12.4	11.9
	平均	10.3	9.8	12.3	11.4	11.4	10.5	12.2	12.1
	±S.D.	±0.8	±0.3	±0.4	±0.4	±0.3	±0.7	±0.3	±0.2
全窒素	N30	3.2	2.0	2.2	2.5	2.8	3.4	3.9	3.7
	N15	2.7	1.8	2.3	2.4	2.9	3.4	3.8	3.5
	L	2.6	1.8	2.4	2.7	3.2	3.5	3.6	3.5
	S15	2.3	1.8	2.3	2.6	3.0	3.5	4.0	3.8
	S30	2.3	1.9	2.3	2.6	3.0	3.6	4.0	3.5
	平均	2.6	1.9	2.3	2.6	3.0	3.5	3.9	3.6
	±S.D.	±0.4	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.1	±0.2	±0.1
N D F	N30	52.4	65.0	63.5	65.3	63.2	60.1	54.8	47.3
	N15	52.8	68.5	64.7	66.3	62.1	57.7	55.3	48.9
	L	56.2	65.9	65.0	64.2	61.2	57.5	56.2	49.0
	S15	56.6	65.0	64.3	66.0	60.8	56.5	54.4	48.5
	S30	58.1	65.9	63.9	65.1	61.2	56.5	53.1	46.7
	平均	55.2	66.1	64.3	65.4	61.7	57.7	54.8	48.1
	±S.D.	±2.5	±1.4	±0.6	±0.8	±1.0	±1.5	±1.1	±1.0
A D F	N30	26.1	33.7	31.9	32.8	31.8	30.7	27.4	22.7
	N15	26.5	36.5	32.2	33.2	31.0	29.4	27.6	24.3
	L	28.3	34.4	31.7	31.6	30.6	28.9	27.5	24.4
	S15	29.1	33.5	31.7	32.3	30.3	28.1	26.8	24.1
	S30	28.8	33.9	31.3	32.7	30.2	28.9	26.1	22.4
	平均	27.8	34.4	31.8	32.5	30.8	29.2	27.1	23.6
	±S.D.	±1.4	±1.2	±0.3	±0.6	±0.6	±1.0	±0.6	±1.0
A D L	N30	1.7	3.1	2.8	3.0	2.7	3.0	2.1	1.9
	N15	1.7	3.9	3.0	3.2	3.2	3.0	2.1	1.9
	L	1.9	3.4	2.6	2.6	3.0	2.8	2.3	2.0
	S15	1.9	3.2	2.8	3.0	3.2	2.8	2.3	1.9
	S30	1.8	3.3	2.5	3.3	2.5	2.9	2.2	1.8
	平均	1.8	3.4	2.7	3.0	2.9	2.9	2.2	1.9
	±S.D.	±0.1	±0.3	±0.2	±0.3	±0.3	±0.1	±0.1	±0.1

つぎに、同一時期の処理間の差についてみると、各成分とも季節による変動より小さく、処理間の最大の差は全窒素及びADLでは1%以内、粗灰分及びADFでは3%以内、NDFでは6%以内であった。そのうちでは、ADLを除く各成分とも4月の処理間の差がそれ以外の刈取月より高い傾向にあった。

4 考察

トールフェスクの生育を年間収量、季節生産性の面からみると、年次や処理によってそれぞれ異なる特徴を示した。

まず年次ごとにみると、利用1年目と2年目の年間収量は同一処理間ではほぼ同程度であったが、季節生産性の面からはやや異なっていた。すなわち、前者では各処理とも4月から7月までの生産量の差が比較的小さかったのに対し、後者ではとくにL、N面において4、5月の生産量が多く、スプリングフラッシュが顕著にあらわれた。これは、利用1年目では春に多かった裸地率がしだいに減少していることから、トールフェスクの被度や裸地が春から夏にかけて増加しつつあり、草地化が進行中であったために、スプリングフラッシュが顕著にあらわれなかったものと考えられる。

また、利用2年目と3年目を比較すると、季節生産性のパターンはほぼ同一であったが、3年目の月ごとの生産量及び年間収量は各処理とも前年に比べ3～4割程度減少した。寒地型牧草の生育適温は平均気温15～20℃で、22℃以上の期間が2か月以上続くと夏枯れが顕著になるといわれている⁷⁾が、第4表の当試験地の月平均気温によると、22℃を超える期間が3～4か月間あり、後述のように処理によって差はあるものの、トールフェスクに夏枯れが生じたものと考えられる。山田¹⁵⁾によると、夏に衰弱がひどいと秋の回復も思わしくなく、その影響は翌年にまで及ぶとしており、3年目の収量の低下は前年の夏枯れの影響が大きかったものと推測される。

つぎに、処理によるトールフェスクの生育の相違を比較すると、季節生産性の特徴はL、N15、N30のグループとS15、S30のグル

第4表 月平均気温の推移

(℃)

年次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
1975	3.7	3.3	6.9	13.5	17.2	21.6	26.0	25.7	23.7	17.0	11.5	6.6	14.7
'76	4.0	6.2	7.3	12.3	17.2	21.0	24.2	25.7	20.0	16.0	9.8	6.0	14.1
'77	2.4	3.3	8.3	14.2	17.4	21.2	26.3	25.5	22.9	17.8	12.6	7.9	15.0
'78	5.1	3.9	7.1	12.8	17.7	22.1	26.8	27.1	23.4	16.1	11.3	7.2	15.1
'79	6.0	6.4	7.6	12.3	16.9	22.6	24.7	26.8	22.8	17.7	11.2	7.2	15.2
'80	3.9	3.2	6.7	11.8	17.3	21.9	24.0	24.1	22.1	16.4	11.3	5.2	14.0
'81	2.5	3.6	7.4	12.5	16.6	21.7	26.3	25.2	21.2	16.0	9.6	6.2	14.1
'82	4.0	4.0	8.1	11.9	18.6	20.9	22.9	25.7	20.9	16.2	12.4	7.2	14.4
'83	4.5	3.8	7.1	15.0	17.8	21.0	25.1	27.6	23.3	16.3	10.7	5.8	14.8
'84	2.6	2.0	5.0	12.0	17.0	22.2	25.9	27.2	22.4	15.9	12.1	6.5	14.2
平均	3.9	4.0	7.2	12.8	17.4	21.6	25.2	26.1	22.3	16.5	11.3	6.6	14.6

注) 観測場所：四国農業試験場土地利用部。

第5表 月別降水量の推移

(mm)

年次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
1975	34	49	9	100	41	189	83	244	96	204	114	57	1217
'76	17	68	60	138	115	115	77	161	492	167	66	46	1518
'77	15	26	83	99	88	90	32	45	180	75	140	34	904
'78	38	24	30	50	41	198	32	33	138	77	44	50	752
'79	43	82	81	83	38	259	66	69	168	116	144	63	1208
'80	81	34	74	77	214	126	268	210	94	170	38	41	1425
'81	11	58	90	93	118	190	117	63	40	118	83	19	997
'82	24	61	71	117	66	58	214	148	170	28	124	30	1108
'83	25	53	97	125	159	111	91	51	366	89	22	30	1216
'84	35	73	38	77	74	183	101	89	69	67	62	26	891
平均	32	53	63	96	95	152	108	111	181	111	83	39	1123

注) 観測場所：第4表と同じ。

ープの2つに大きく分けられ、両グループ内の各処理は3か年ともほぼ類似した推移を示した。すなわち、トールフェスクの生育は草地の傾斜方向の影響が大きく、北面は平面とほぼ同じ傾向を示したが、南面は異なる傾向にあることが明らかとなった。このように処理間にトールフェスクの生育に差がみられたのは、以下に述べるように地温及び土壌水分が大きく影響したものと考えられる。

作物の好適地温の範囲は好適気温より2~3℃低く⁷¹⁾、高温による生育不良は地上部では呼吸消費の増加によるところが大きい、地下部では機能障害にまで及ぶ⁴⁸⁾といわれている。したがって、寒地型牧草の根の生育適温は平均地温20℃以下にあり、それ以上では生育の抑制や夏枯れの危険性があると考えられる。そこで、トールフェスク草地の5cmの地温の推移をみると、寒地型牧草に生育の抑制や夏枯れが生じると考えられる期間が処理によって異なり、L面及びN面に比べてS面が長い傾向がみられた。5cmの位置の平均地温が20℃を超える期間を例にとってみると、S30では5月中旬から10月下旬までの5か月間余りであったのに対し、N30では5月下旬から9月下旬までのおよそ4か月間であり、両者には1か月以上の差が認められた。また、処理間の地温についても、各時期ともS面が高くN面が低い傾向がみられ、旬別の平均地温でみると処理間の最大の差は、春季が2.0~4.3℃、夏季は0.6~3.1℃、秋季は1.9~5.4℃の範囲にあった。晴天日の地温や最高地温では処理間の差はさらに大きいことなどを考慮すると、S面では地温の面からみてかなり厳しい条件に置かれているものと判断される。

また、地表下5cmまでの水分率は夏季に低い傾向がみられ、処理間ではS面、特にS30が低かった。したがって、夏枯れに対する土壌水分の影響も大きかったものと考えられる。しかし、1980年の7、8月には例年の2~3倍に当たる200mm以上の降水があったにもかかわらず、各処理とも夏季の生産量の大幅な低下がみられた。したがって、夏枯れは土壌水分が十分ある場合でも気温や地温の上昇に

よって生じ、土壤水分が不足する場合にはその程度が拡大されるものと考えられる。

利用1、2年目の第1回刈りの収量は、N面が低くS面が高い傾向がみられたが、これは冬～春季の地温が大きく影響したものと考えられる。前述のように、冬～春季の地温は夏季に比べて処理間の差が大きく、地温の高いS面では生育開始時期が早く、第1回刈りまでの生育も旺盛であったためであろう。とくに、利用1年目の第1回刈りでは処理間の収量差が大きく、収量と地温とのパラレルな関係が明確にあらわれた。しかし、利用3年目の第1回刈りの収量は各処理とも前年に比べて大幅に減少し、L面とN面では約1/2、S面では約1/3にすぎなかった。これは、前述のように前年の夏枯れの影響が当年にまで及んだものと考えられ、とくにS面が大幅に減少したのは前年の衰退の程度が大きかったためであろう。

斜面の地温については、上原¹⁴⁷⁾や山本ら¹⁵²⁾が指摘しているように日射量の影響が最も大きいと考えられ、日射量と地温とはほぼパラレルな関係がみられた。すなわち、冬季は日射量、地温ともにS30>L>N30の関係が明確でその差も大きかったが、夏季には両者とも増加し処理間の差が小さくなった。しかも、測定位置の深浅によって地温を比較すると、最高地温やこう差は5cmよりも2cmの方が大きい傾向にあり、日射量の影響が大きいことが推察される。

土壤水分に関しては、鈴木¹³⁸⁾が土壤面の蒸発量の研究から日射量が大きな影響を及ぼすとしており、日射量の多い夏季あるいはS面の土壤水分が少なかった結果と一致している。しかし、傾斜草地においては傾斜度によって雨水の表面流失や土壌中への浸透状態が異なったり⁴⁶⁾、草地面の被覆程度によって土壤水分の減少速度が異なる¹⁵⁴⁾など、傾斜草地の土壤水分は様々な要因が関与しており、今後検討すべきところが多い。

トールフェスクの成分含量は季節による変動が大きく、処理間の差が比較的小さかった。牧草の飼料価値は生育ステージによって大

大きく影響されるが、当試験では1か月間隔で刈り取ったため、処理間に生育ステージの差が大きくあらわれなかったものと考えられる。しかし、第1回刈り取り時の成分は処理間の差が他の時期より大きい傾向がみられた。これは、前述のように処理間の地温等の相違により生育開始時期やその後の生育状態が異なったため、他の時期より生育ステージの差が大きかったものと考えられる。時期ごとの成分含量をみると、5月から夏季にかけては全窒素含有率が低く、NDF、ADF及びADLの含有率が高く、4月ならびに秋季は逆の傾向がみられた。牧草の各種成分含量と栄養価の関係については多くの研究者によって報告されているが、リグニン含量の増加とともに細胞膜構成物質の消化率が低下し^{1,150)}、また、TDN含量とADFあるいはリグニン含量の間には負の相関が認められている⁴³⁾ことなどから、夏季の再生草の栄養価は早春や秋季に比べて低いものと推測される。

以上のように、傾斜草地においてはその傾斜条件によって地温や土壤水分が異なり、牧草の生育も異なることが明らかになった。西南暖地の寒地型牧草では夏枯れが最も大きな問題と考えられるが、各処理とも夏季の生産量の低下はみられたものの、その程度はS面が最も顕著であり、とくに利用3年目の秋には裸地率が増加し、利用年限の短縮が示唆された。したがって、S面ではL面やN面以上に牧草の耐暑性への配慮が必要であろう。また、熊井ら⁶⁰⁾は夏季の低刈りは株枯れの危険性があることを指摘しており、低刈りや強度の放牧利用を避けるとともに、夏季は再生が遅くなるため、利用間隔を十分とることも重要であろう。

さらに、S面では早春の生育が早いため放牧開始時期を早め、徒長を回避することが望ましいと考えられる。一方、N面ではスプリングフラッシュが顕著であり、季節生産性への対策が重要と考えられる。

第2節 寒地型牧草地の適正放牧圧

1 目的

急傾斜草地は刈り取り利用が困難であるため、放牧利用が主体とならざるをえない。その場合、雑草の侵入や裸地の発生など植生が悪化しても、土壌崩壊などの危険性があるため更新が困難である。したがって、急傾斜草地では生産量はある程度低水準でも長期安定的な利用管理が重要である。そこで、不耕起法によって造成されたトールフェスク草地を用いて、長期間安定した放牧を行うための維持管理法を、放牧圧を中心に検討した。

2 材料及び方法

1) 供試草地

四国農業試験場土地利用部内にあり、1974年に不耕起造成された北面傾斜約10度のトールフェスク（ケンタッキー31）単播草地を使用した。前植生はアカマツが優占し、林床はネザサであった。4年間の通常管理の後、1979年から1985年まで6年間本試験を実施した。施肥は10a当たり年平均N 24.1kg、 P_2O_5 6.2kg、 K_2O 15.5kgを年3～4回に分施した。

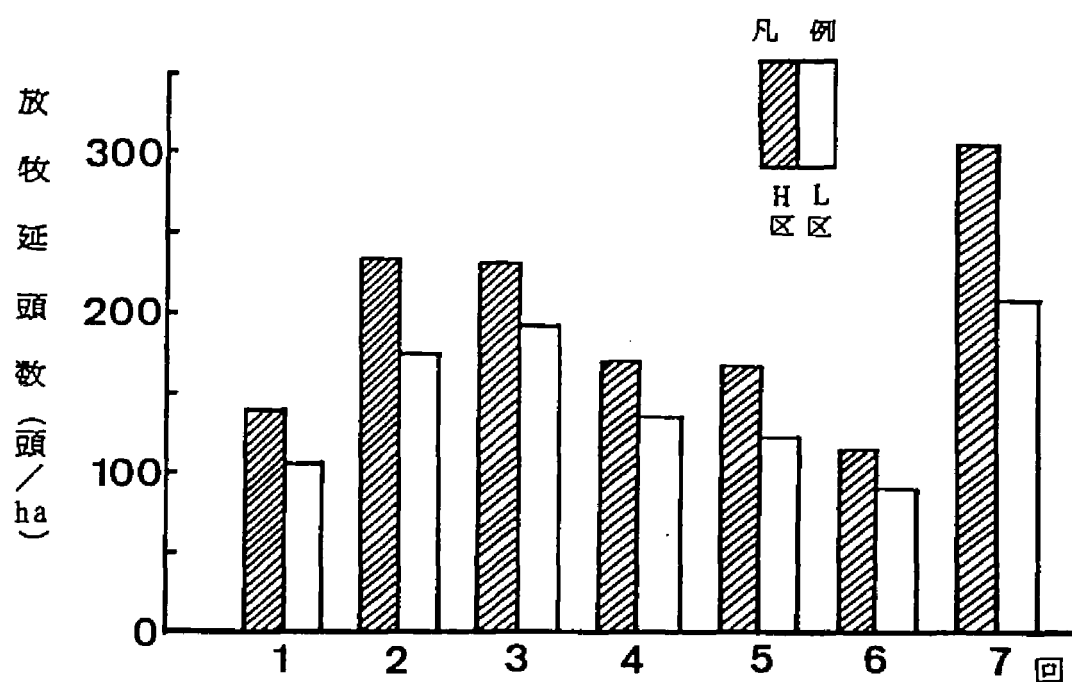
2) 試験区と供試牛

試験区は放牧圧の強区（H区）と弱区（L区）を設け、1区の大きさ約9aの牧区を2区ずつ割り当てた。放牧は、黒毛和種成牛を1牧区当たり7回輪換放牧し、放牧時期は概ね4,5,6,7,9,10月及び1月とした。輪換放牧回次ごとの放牧頭数は、各牧区の現存量から算出した標準放牧頭数を基準に、H区はその3割増し、L区は3割減とした。なお、標準放牧頭数は、採食利用率を第1、第2及び第7放牧回次を70%、第3から第6回次までを60%、体重500kgの牛の1日1頭当たり採食量を乾物重8kgとして算出した。これを模式的に表すと第6表のようになる。

3) 調査項目

第6表 採食利用率と1日1頭当たり採食量の関係

放牧回数	期次	(月) (回)	4 1	5 2	6 3	7 4	9 5	10 6	1 7
前提とする標準採食利用率 (%)			— 70 —		— 60 —		70		
前提とする標準採食量 (kg/日/頭)			— 8.0 —						
採食利用率を固定した場合									
採食量 (kg/日/頭)		H区	— 5.6 —						
		L区	— 10.4 —						
採食量を固定した場合									
採食利用率 (%)		H区	— 91 —		— 78 —		91		
		L区	— 49 —		— 42 —		49		



第7図 放牧回数別の放牧延頭数の推移

(1) 放牧頭数

放牧回次ごとの入牧時に放牧牛の体重を測定し、成雌牛体重 500 kgに換算した。

(2) 現存量、残草量

放牧回次ごとに 1m^2 ($1\text{m}\times 1\text{m}$) のコドラートで10a当たり10か所、放牧前後に地際から5cmの高さで刈り取り、現存量及び残存量を測定した。乾物重の測定法は第1節と同様である。

(3) 草地植生

各年次とも第4回放牧前に1牧区当たり40か所、 1m^2 のコドラートで植生を調査した。調査は、出現草種数及び各々の草種の被度を測定した。

(4) 牧草の栄養価

第6年次の放牧回次ごとに、放牧開始前の牧草の栄養価を調査した。試料は、H区、L区ともその直前の放牧時に採食されて草丈の低い所(短区)と、採食されずに残って草丈の高い所(長区)から採取した。分析は酵素分析法⁹⁹⁾により、細胞内容物質(OCC)分画、セルラーゼ可溶性繊維(Oa)分画、セルラーゼ不溶性繊維(Ob)分画の含有率を測定した。また、阿部ら²⁾の重回帰式を用いてTDN含有率を推定した。

3 結果

1) 放牧頭数

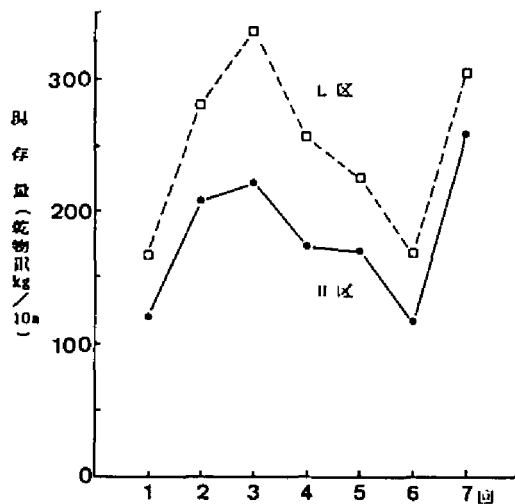
第7図には、放牧回次別の放牧延頭数の推移を示した。両区とも第7回次の冬季放牧が最も多く、ha当たりH区 307頭、L区 194頭であった。次いで第2、3回次が多く、10月の第6回次が最も少なかった。また、各放牧回次ともH区がL区より2~4割程度多かった。

年次別の放牧延頭数の推移を第7表に示した。年次によってやや幅はあるが、H区ではha当たり春から秋に平均1061頭、冬季に307頭、L区ではそれぞれ 819頭及び 194頭であり、年間では前者が

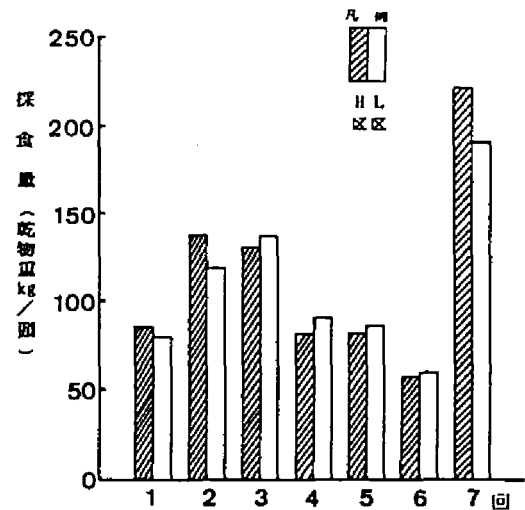
第7表 年次別の放牧延頭数の推移

(頭/ha)

放牧回次	区	1979	1980	1981	1982	1983	1984	平均値±S.D.
1～6回	H	991	982	1053	1271	1000	1071	1061±109
	L	732	783	764	913	805	916	819±78
7回(冬)	H	342	210	310	381	374	225	307±74
	L	205	151	183	237	217	172	194±31
合計	H	1333	1192	1363	1652	1374	1296	1368±154
	L	937	934	947	1150	1022	1088	1013±90



第8図 放牧回次別の現存量の推移



第9図 放牧回次別の採食量の推移

第8表 年次別の年間採食量の推移

(乾物重kg/10a)

放牧回次	区	1979	1980	1981	1982	1983	1984	平均値±S.D.
1～6回	H	525	563	552	714	556	654	594±73
	L	619	575	524	614	557	582	579±36
7回(冬)	H	231	148	241	290	277	156	224±60
	L	193	147	191	254	198	169	192±36
合計	H	756	711	792	1003	833	809	817±100
	L	813	721	715	869	755	751	771±59

1368頭、後者が1013頭となり、前者が後者の35%増であった。

2) 現存量、残草量

第8図には放牧回次別の現存量の推移を示した。春から秋の放牧では、両区とも第3回次まで増加し、10a当たりH区 222kg、L区 337kgとなったが、その後第6回次にかけて減少した。冬季は両区とも増加し、H区では年間で最も多く10a当たり 260kg、L区でも第3回次に次いで多く、306kgあった。また、各放牧回次ともL区のほうが2～5割程度H区より多かった。

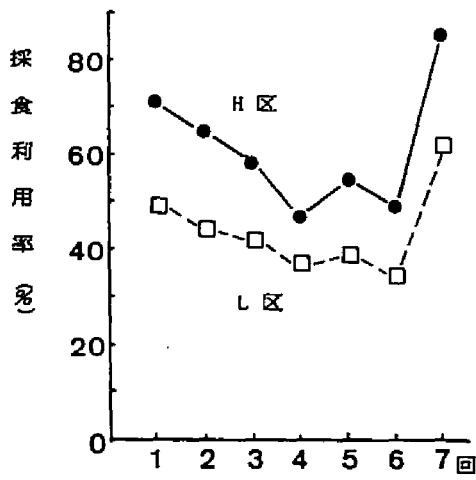
第9図には、放牧回次別の採食量の推移を示した。春から秋の放牧では、両区とも第2、第3回次が多く、秋に向けて減少した。また、冬季は両区とも年間で最も多く、10a当たり乾物重でH区 224kg、L区 192kgあった。H区とL区の差は、各放牧回次とも小さかった。

第8表には、年次別の年間採食量の推移を示した。採食量はH区では春から秋に10a当たり平均594kg、冬季に224kgあり、L区では各々579kg及び192kgあった。年間の合計採食量は、1982年のH区が1003kgあった以外は両区とも概ね700～900kgの範囲にあり、区間差も少なかった。

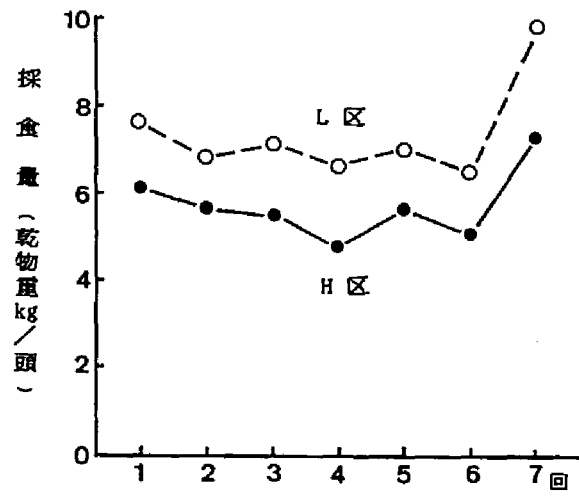
第10図には放牧回次別の採食利用率を示した。春の第1回次にはH区72%、L区48%あったが、両区とも放牧回次が進むにつれて低下の傾向を示した。冬季は両区とも最も高く、H区85%、L区60%であった。

第11図には、放牧回次別の1日1頭当たり採食量の推移を示した。春から秋の放牧では、両区とも放牧回次の進行とともに漸減の傾向を示し、第1回放牧時に比べて第4～6回次では各々1kg前後低下した。また、各時期ともH区が1～2kg程度高かった。冬季は両区とも最も高く、H区 7.3kg、L区 9.8kgであった。

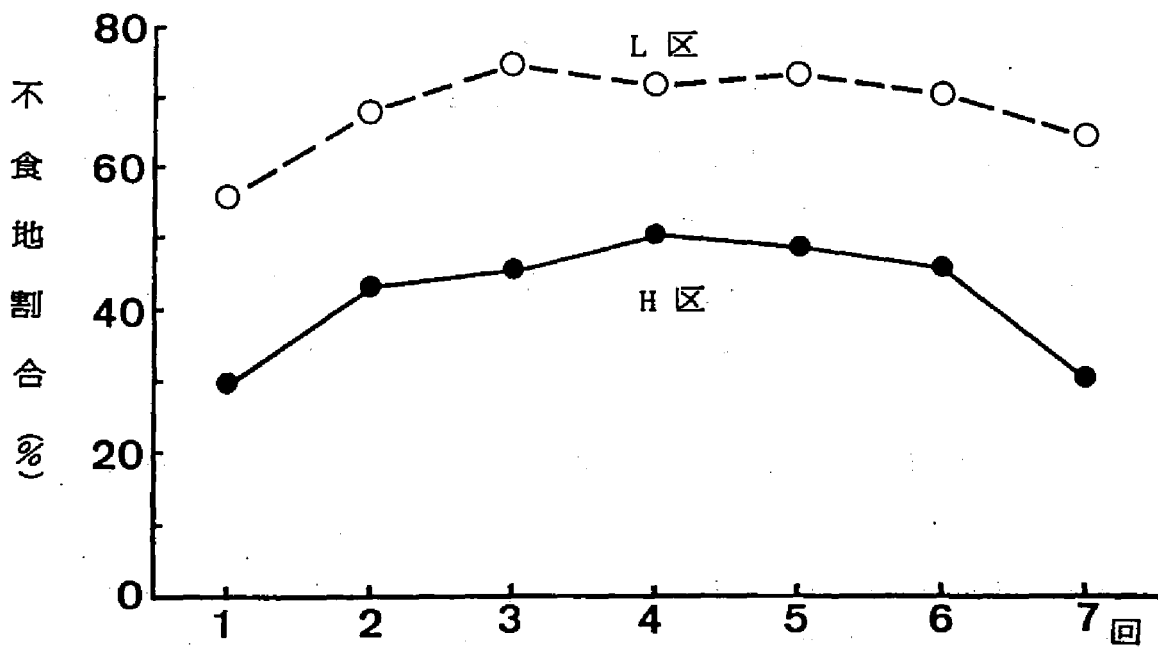
放牧回次別の不食地割合の推移を第12図に示した。両区とも春の



第10図 放牧回次別の採食利用率の推移



第11図 放牧回次別の1日1頭当たり採食量の推移



第12図 放牧回次別の不食地割合の推移

第1回放牧時が最も少なく、H区30%、L区56%であった。しかし、放牧回次とともに増加し、最大時にはH区51%、L区75%に達したが、秋にはやや減少した。いずれの放牧回次ともL区が30%程度高く推移した。

3) 草地植生

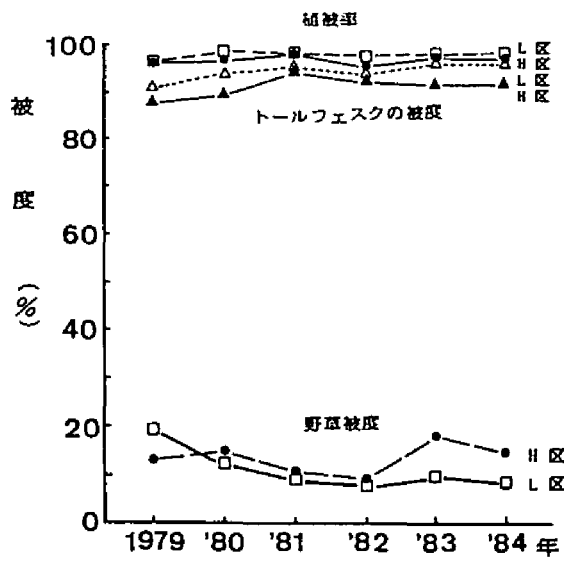
第13図には、植被率とトールフェスク及び野草の被度の経年変化を示した。植被率は両区にほとんど差はなく、各年次とも100%に近い値であった。一方、トールフェスクの被度は90%前後の値であったが、各年次ともL区がやや高かった。また、野草の被度は、H区では年次により9~19%の範囲にあり横ばいかやや増加傾向を示したのに対し、L区では第1年次に19%あったのが第3年次以降は10%以下に減少した。

第14図には出現草種数の経年変化を示した。H区では1、2年次には50種以上あったが、第3年次以降は45種前後で安定した。一方、L区では第1年次に47種あったが、翌年には10種以上減少し、その後も漸減した。各年次ともH区が10種程度多かった。

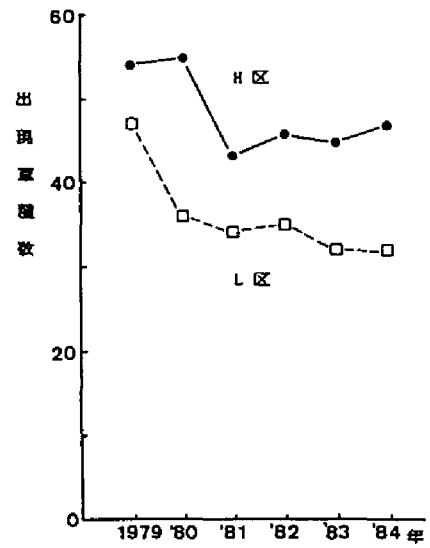
第15図には、主要な野草の被度の経年変化を示した。H区では試験開始直後はススキ、ヨモギ、ヘクソカズラの被度が高かったが、年次とともに前2者は減少、後者は横ばいの傾向を示した。逆にネザサ、オオアレチノギク、シロクローバの被度は増加傾向にあった。一方、L区においては当初被度の高かったススキ、ヨモギがH区同様減少し、ヘクソカズラが急激に増加した。

4) 牧草の栄養価

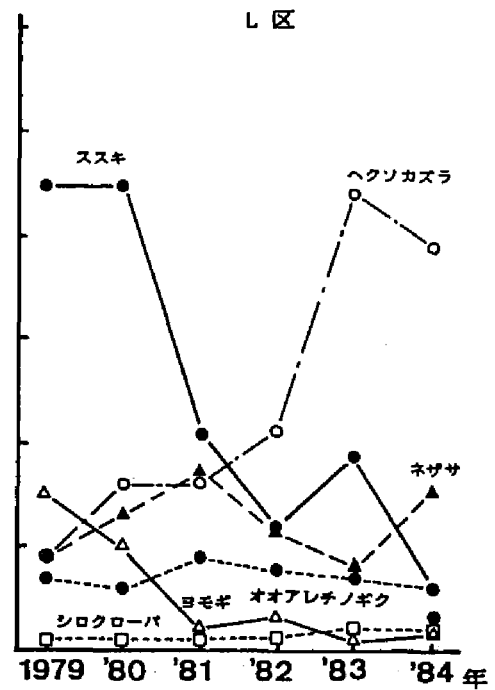
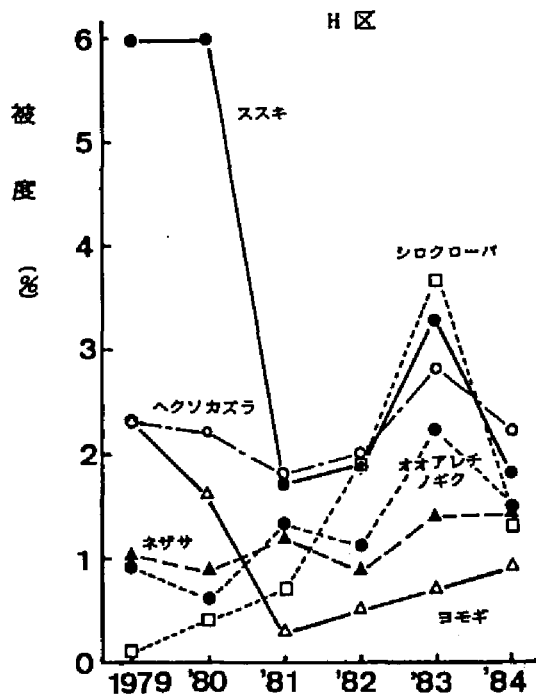
第16図にはトールフェスクの各分画成分及びTDN含有率の推移を示した。OCC含有率は春季に高く両区とも約40%あったがしだいに減少し、第4、5放牧回次には短区25%、長区20%まで減少し、その後秋から冬季にかけて春季のレベルまで回復した。Oaの含有率についてもほぼ同様の傾向がみられたが、冬季の増加はみられな



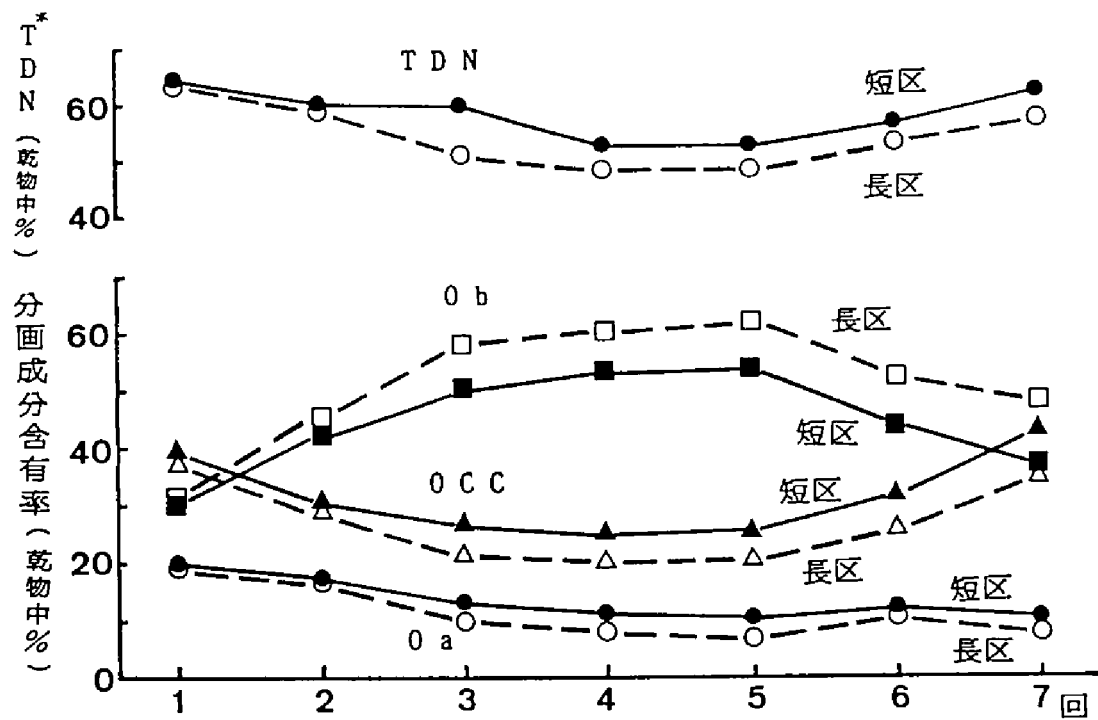
第13図 植被率とトールフェスク及び野草の被度の推移



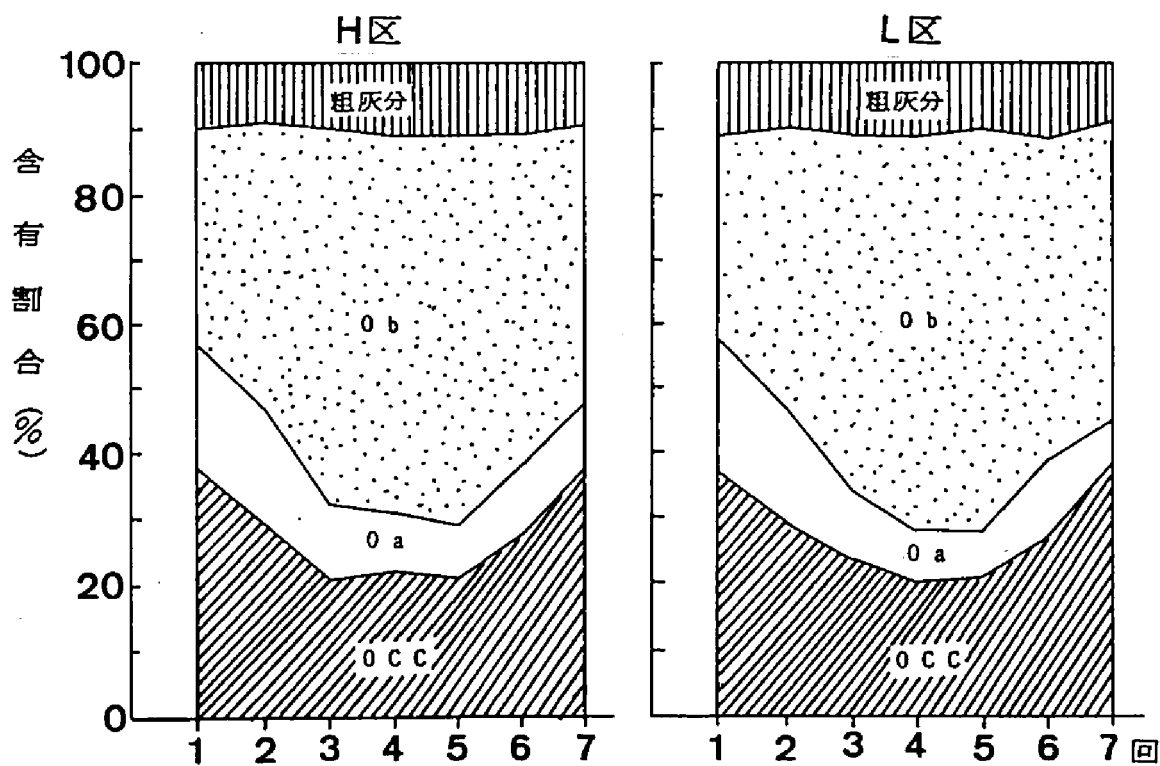
第14図 出現草種数の経年変化



第15図 主要な野草被度の経年変化



第16図 トールフェスクの各分画成分及びT D N 含有率の推移
 $* T D N = 1.111 (OCC + 0a) + 0.6050b - 18.8$



第17図 トールフェスクの放牧回次別の各分画成分割合の推移

かった。O b の含有率は O C C と逆の推移を示し、春季と冬季に低く夏季に高い傾向にあった。草丈による差は各時期ともみられ、短区の O C C、O a 含有率が高く、O b 含有率が低かった。

上記 3 成分から推定した T D N 含有率は、第 1 回放牧時には短区 66%、長区 64% であったが、第 4、5 回次には前者が 53%、後者が 49% まで減少した。しかし、冬季にはそれぞれ 63%、58% に増加した。

H 区及び L 区のトールフェスクの各分画成分割合の推移を第 17 図に示した。放牧圧による各分画成分割合の差はほとんどみられず、夏季に O C C 含有率が減少し、O b が顕著に増加した。

3 考察

放牧において、その強度は家畜生産、草地の維持の両面から最も重要な要因の一つと考えられ、多くの研究者によって重要性が強調されている^{4, 5, 15, 26, 44, 56, 66, 75, 118-120, 124, 132, 137, 141, 148, 150}。放牧強度 (stocking rate) という場合、一般には単位面積当たりの放牧頭数で表されるが、これは草量が考慮されておらず、家畜の採食量等を検討するには不十分である^{98, 137}。そこで、草量に対する家畜頭数を示す尺度として放牧圧 (grazing pressure) が用いられる⁹⁸。また、現存量に対する採食量の割合 (採食利用率) で示される場合もある。牧養力 (grazing capacity) は、適切な放牧圧で何頭、何日飼養できるかを示し、カウデー (C D) が単位に用いられる。本節では、現存量から推定した可食草量に対する放牧延頭数に強弱を設けて、採食量及び植生の面から検討した。

放牧強度と家畜の生産量との関係についてみると、単位面積当たりの放牧頭数が増加すると、1 頭当たりの生産量はある点までは一定であるが、それを超えると減少しはじめる。また、面積当たりの家畜生産量はある点までは増加するが、それを超えると逆に減少しはじめる^{98, 118, 119}。傾斜草地の場合、前述のように草地の永続

性への配慮も重要であり、牛と草の両面からの調和点を見いだす必要がある。

本節において、H区及びL区の放牧回次ごとの採食利用率、1日1頭当たりの採食量を設定値（第6表）と比較すると、以下のようである。すなわち、H区の採食利用率は、春季はほぼ設定値の70%に近く、冬季はそれを上回ったが、夏～秋季は設定値の60%を約10%下回った。また、同区の1日1頭当たりの採食量は、冬季を除いて8kgを大きく下回った。一方、L区では春～秋季は採食利用率が40%前後と低く、採食量も8kgをやや下回った。春～秋季の放牧について、四国農業試験場土地利用部のトールフェスク草地で周年放牧試験を実施した細山田ら³⁵⁾は、成牛の1日1頭当たりの採食量を乾物重で8kg、体重の1.6%としており、また、大下¹¹⁾は熊本種畜牧場阿蘇支場での放牧では時期により3.6～8.8kgと報じている。日本飼養標準⁹²⁾によると、成牛（体重500kg）の維持に要するTDN量は3.3kgであり、泌乳量が6kgの場合は5.7kgが必要である。本節で推定した牧草のTDN含量は春季及び秋～冬季は60～65%、夏季は50%程度であった。この値からすると春季及び秋～冬季には6～10kg、夏季には7～12kg程度の採食量が必要である。本節の結果からみて、H区程度に放牧圧を上げても冬季以外は採食利用率はある程度以上は上昇せず、1頭当たりの採食量に不足が生じるが、L区のように夏～秋季の採食利用率を40～50%程度に設定すれば1頭当たり8kg近くの採食量を確保できるものと判断される。したがって、TDN要求量からみて、春季ではH区とL区の間程度、夏季ではL区よりやや低めの放牧圧が望ましいと考えられる。

つぎに、冬季の放牧についてみると、H区においても1頭当たり8kg近い採食量が確保され、採食利用率も高かった。冬季は牧草のTDN含量も高く、H区程度のかなり高い放牧圧でも1頭当たりに必要な採食量及びTDN要求量の確保が可能であろう。

トールフェスクの粗蛋白質含量は、大槻¹¹²⁾によると春季と初冬には乾物中20%以上、夏季でも15%以上であり、第1節でもほぼ同様の値が得られている。日本飼養標準⁹²⁾によると、成牛の維持には0.49kg、泌乳量6kgの場合には0.97kgの粗蛋白質が必要とされるが、これは採食量8kgで十分充足され、粗蛋白質の不足は考えられない。

つぎに、植生との関連について検討すると、植被率は100%近くで両区に差がなく、トールフェスクの被度も90%以上あった。また、野草の被度は、H区ではやや増加し、L区では減少の傾向がみられた。これは、H区の方が草量が少ないためトールフェスクによる被圧程度が小さく、野草の生育する余裕が多くあったためと考えられる。しかし、ススキの被度はL区においても減少傾向が顕著であり、L区の放牧圧が植生に悪影響を及ぼしているとは考えられない。それは、単位面積当たりの採食量がH区と同程度あり、年次の経過とともに減少していないことなどからも明らかである。これは、本節における試験設定で放牧輪換回数が7回あり、また年間放牧頭数がL区でも約1000頭/haあり、比較的高い放牧圧であることによると思われる。すなわち、広瀬ら²⁵⁾や草地試験場⁹⁶⁾の報告によると、公共牧場の平均的な放牧頭数は300~400頭/ha程度であり、これに比較するとかなり高水準であることがわかる。しかし、各年次とも放牧回次の進行とともに不食地の割合も増加し、その程度はL区で顕著であった。本節ではH区、L区間に草質の大きな差はみられなかったが、牧草の草丈の長短で草質は大きく異なるため、できるだけ草丈を短く保つような利用を心がける必要がある。

以上を総合して考慮すると、暖地において本節程度の施肥水準及び輪換回数では、季節ごとの採食利用率を春季は60~70%、夏~秋季は50%、冬季は80%前後に設定することが放牧牛と草地の両面からみて最も合理的と考えられる。この条件で放牧を行うと、春~秋

季放牧では800～850 C D、冬季は250～300 C D程度の牧養力が期待できる。これは、前出の細山田ら³⁵⁾の牧養力よりはやや低いが、傾斜地の不耕起造成草地であれば十分目的は達成できよう。また、この値は公共牧場における目標牧養力として提起されている1000 C D⁹⁵⁾にも合致するものである。

第3節 要約

本章では、暖地傾斜地での寒地型牧草の適正利用法を明らかにするため、西南暖地の代表的な寒地型牧草の1種であるトールフェスクを用いて、その生育特性や適正放牧圧を検討した。

第1節ではトールフェスクを傾斜方向、角度の異なる人工草地に栽培し、その生育と傾斜条件との関連を調査した。

トールフェスクの生産量は、春季に多く夏季に少ない季節生産性を示した。その様相は傾斜方向の影響が大きく、平面と北面では生産量が多く、スプリングフラッシュが顕著にあらわれたが、南面では早春を除いて北面と平面より生産量が少なく、夏枯れの程度が大きかった。

北面30度、平面及び南面30度の日射量を比較すると、北面30度は年間を通じて最も少なく、10月から3月は南面30度が、4月から8月は平面が最も多かった。これら3処理面の日射量の差は秋季と冬季が大きく、春季と夏季が小さかった。

草地の地温は秋～冬季は南面>平面>北面の関係が顕著であったが、夏季には処理間の差が小さくなった。土壌水分は、一般に冬季に高く夏季に低かったが、南面特にその30度は年間を通じて最も低かった。地温及び土壌水分は日射量の影響が大きく、これらの差によってトールフェスクの生育に差が生じたものと考えられた。

このように、南面草地は地温や土壌水分の面から寒地型牧草の生育にとって厳しい条件にあり、刈り取り高さや利用間隔などに十分

な配慮が必要であることを明らかにした。

第2節では、暖地における寒地型牧草地を長期に放牧利用するための放牧圧を明らかにするため、トールフェスク草地の可食草に対する放牧頭数に強弱を設け、1牧区当たり年間7回の輪換放牧を6年間継続し、採食量、植生及び草質の面から検討した。

年間放牧延頭数は、ha当たり放牧圧の強区（H区）1368頭、弱区（L区）1013頭で、前者が後者より35%多かった。

年間採食量は、10a当たり乾物重でH区 817kg、L区 771kgであり、放牧圧による差は少なかった。1日1頭当たり採食量は、H区では春～秋季放牧では回次により4.8～6.1kg、冬季は 7.3kgであり、L区では各々6.5～7.6kg、 9.8kgであった。両区とも春季と冬季に高く、夏季から秋季にかけて低下した。

トールフェスクの被度は両区とも90%前後を維持した。野草の出現草種数とその被度は、H区がやや高く推移したが、試験開始2～3年目以降は両区ともほぼ安定した。

酵素分析によるトールフェスクの各分画成分含有率は草丈の長短によって異なり、短いほうが推定TDN含有率は高かった。しかし、その差が拡大する夏季以降では草丈の長い部分の割合が大きいため、同一放牧回次では、H区、L区の草質の差は小さかった。草質は季節による変化が大きく、春季は高く、夏季に低下し、秋から冬季に再び高まった。

本試験の施肥水準及び輪換放牧回数を前提とすれば、暖地における寒地型牧草地では、草地の利用度を4、5月は60～70%、6月から8月は40%、9、10月は50%、さらに冬季は70～80%程度に設定すれば、放牧家畜、草地の双方にとって無理がなく、長期間安定した利用が可能と判断された。

以上のように、暖地傾斜地において寒地型草地を放牧利用するには、とくに夏季の利用管理に細心の注意が必要である。

第3章 寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせた不耕起造成草地の維持年限と季節生産性

第1節 寒地型牧草と暖地型牧草の組み合わせと維持年限との関係

1 目的

近年、草地の不耕起造成法に関する研究が数多く実施され、それらの研究成果は農林水産研究文献解題No.2・草地の不耕起造成編⁹⁰⁾などに要約されているが、その結果急傾斜複雑地形での草地化が可能になり、多くの不耕起草地が造成されてきた。しかし、不耕起草地は適切な利用管理を行わないと、前植生が回復したり裸地化が進行するなど植生が悪化し、生産力が低下する危険性が大きい。しかも、このような場合、急傾斜複雑地形では土壌保全などの面から更新が非常に困難である。したがって、前章でも述べたように不耕起草地の管理は長期安定的利用に主眼をおくことが重要である。しかし、不耕起造成草地を長期にわたって調査追跡した研究報告はきわめて少ない。

四国農業試験場土地利用部においても不耕起造成草地に関する研究を実施してきているが、1969年に寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせで不耕起造成された草地は、1984年時点まで15年間、追播等の更新作業なしに維持されてきた。当草地における造成当初の植生や生産力についてはすでに報告されている³³⁾が、引き続き1978年（造成9年目）から1984年（同15年目）まで7か年間、牧養力や草地の生産性等の調査を行い、西南暖地の低標高地帯における不耕起造成草地の維持年限について播種様式や草種の組み合わせの面から検討した。

2 材料と方法

1) 対象草地の概要

(1) 位置、地形及び土壌

対象草地は、香川県善通寺市の大麻山（標高616m）の北面山麓にある四国農業試験場土地利用部内の標高110～140mの位置にあり、傾斜10～20度の北向き斜面で、起伏に富んだ地形である。土壌は安

山岩崩積土であり、前植生は小かん木を含むアカマツ林で、林床にはネザサが優占していた。

1969年8月アカマツ林を伐採、9月殺草剤散布（殺草処理区のみ）、翌年2月下草刈り払い、4月火入れ、施肥及び播種の順に行った。

（2）造成と播種様式、草種の組み合わせ

播種様式と草種の組み合わせを第9表に示した。2種混播区と2種条播区においては、寒地型牧草のトールフェスク（ケンタッキー31）と暖地型牧草のダリスグラス（*Paspalum dilatatum* Poir.）、バヒアグラス（*Paspalum notatum* Flüggé）、バミューダグラス（*Cynodon dactylon* (L.) Pers.）をそれぞれ組み合わせた。以下それぞれの組み合わせをTF+DA区、TF+BA区及びTF+BE区と略称する。また、多種混播区では寒地型牧草4草種と暖地型牧草3草種を混播した。なお、2種条播区では両草種とも播き幅1.5mずつで交互に帯状に条播した。また、造成時には各々の播種様式に対し、殺草処理区（NaClO₃の水溶剤20kg/10a 散布）と無処理区が設けられたが、造成後3年目頃までには生産量等の処理による差が経年的に小さくなってきた³³⁾ので、本節では反復とみなした。したがって、放牧利用に当たっては3播種様式それぞれの面積9aを1牧区とし、その2反復ずつ計6牧区を試験牧区として使用した。

（3）調査開始時までの草地の利用管理法

利用初年目の1970年から1977年までの当草地の利用管理法は以下のとおりである。1970年は年3回の全面刈りを行い、翌年から肉用牛（黒毛和種）の放牧を開始した。そのうち3年間は昼間放牧を、1974年以降は昼夜放牧とし、1牧区当たり年7～10回の輪換放牧を行った。放牧期間は概ね4月上旬から11月下旬までで、年間放牧頭数（500kg換算頭数：CD）はha当たり637～1031CD（平均820CD）であった。この間の年間平均施肥量は10a当たりN、P₂O₅及びK₂Oで各々16.3kg、9.0kg及び14.6kgを化成肥料を用いて年3～6回に分施し、1973年には消石灰100kgを施用した。また、掃除刈

第9表 播種様式と草種の組み合わせ

播種様式	草種の組み合わせ				面積と牧区数	
	寒地型牧草		暖地型牧草			
	草種	播種量	草種	播種量		
		kg/10a		kg/10a	a	a 牧区
2種混播	ト - ル フェ ス ク	5.0	タ ` リ ス ク ` ラ ス	5.0	3	計9×2
	ト - ル フェ ス ク	5.0	ハ ` ヒ ア ク ` ラ ス	5.0	3	
	ト - ル フェ ス ク	5.0	ハ ` ミ ュ - タ ` ク ` ラ ス	3.0	3	
2種条播	ト - ル フェ ス ク	5.0	タ ` リ ス ク ` ラ ス	5.0	3	計9×2
	ト - ル フェ ス ク	5.0	ハ ` ヒ ア ク ` ラ ス	5.0	3	
	ト - ル フェ ス ク	5.0	ハ ` ミ ュ - タ ` ク ` ラ ス	3.0	3	
多種混播	ト - ル フェ ス ク	2.0	タ ` リ ス ク ` ラ ス	2.0		9×2
	ケンタッキ-フ ` ル - ク ` ラ ス	1.0	ハ ` ヒ ア ク ` ラ ス	2.0		
	シ ロ ク ロ - ハ `	1.5	ハ ` ミ ュ - タ ` ク ` ラ ス	1.0		
	ハ ` ス ` フ ッ ト レ フ ォ イ ル	0.5				

注) 2種条播区の播き幅は各々1.5m.

第10表 試験牧区の放牧利用状況

年次	入牧日	終牧日	輪換回数 (／牧区)	滞牧日数 (／牧区)		開始時の 平均体重
				平均	年間合計	
年	月・日	月・日	回	日	日	kg
1978	3.18	11.28	12	2.9	34.8	250
'79	3. 8	11. 5	8	5.1	41.0	480
'80	3.16	11.27	11	3.4	37.7	230
'81	4. 1	12. 1	9	3.8	34.3	210
'82	3.17	12. 8	13	3.3	43.3	200
'83	3.20	12. 4	11	3.0	33.5	410
'84	4. 5	12. 1	7	2.7	19.0	390
平均	3.21	11.28	10.1	3.5	34.8	

りを1971年から1976年まで概ね年1回、5～6月に実施した。

(4) 調査期間中の草地の利用管理法

年間平均施用量は10a当たりN、 P_2O_5 及び K_2O で各々15.2kg、2.8kg及び13.6kgで、年4～5回に分けて化成肥料で施用した。また、1978年には10a当たり40kgの消石灰を、1981年ならびに1984年には各々60kgの苦土石灰を施用した。本調査期間中、掃除刈りは全く行わなかった。

2) 調査項目

(1) 牧養力

1978年から1984年まで7か年間、試験牧区別に放牧回次ごとの入牧頭数及び体重を調査し、成雌牛体重500kgに換算してha当たりのCDを算出した。

放牧には肉用牛（黒毛和種）の成牛あるいは育成牛を用い、試験牧区6区と草量が不足した時に予備牧区（不耕起造成草地）を使用した。転牧時期の基準は採食利用率60%を目途とし、適正な放牧圧を維持するよう努めた。しかし、同一牧区での滞牧日数が7日間を超える場合には、残草量が多くても転牧した。また、放牧牛には水と固型塩を自由に与えた。

(2) 採食利用状況

1978年から1984年までの7か年間、輪換回次ごとに $1m^2$ （ $1m \times 1m$ ）のコドラートで1牧区当たり6～9か所、放牧前後に地際から5cmの高さで刈り取って現存量及び残草量を測定し、採食量、採食利用率及び1日1頭当たり採食量を算出した。なお、乾物重の測定法は第2章と同様である。

(3) 植生の推移

播種様式ならびに草種の組み合わせによる寒地型牧草と暖地型牧草の混生割合の推移や野草の増減等を明らかにするため、1978年から1984年まで毎年、暖地型牧草の被度の最も高まる夏季の現存量調査時（7月下旬～9月上旬）に $1m^2$ のコドラートで1牧区当たり6～9か所ずつ、草種別の冠部被度を調査した。

3 結果

1) 牧養力

試験牧区の放牧利用状況を第10表に示した。入牧日と終牧日は年次により早晚はあるものの、概ね3月中旬から11月下旬まで約250日間であった。1牧区につき年間平均10.1回輪換放牧し、輪換回次ごとの滞牧日数は平均3.5日であった。

播種様式別の牧養力を第11表に示した。播種様式ごとの7か年の平均牧養力は、2種混播区が最も大きくha当たり867CD、つづいて2種条播区835CD、多種混播区818CDの順であったが、その差は比較的小さかった。つぎに、年次別の平均牧養力は692~991CDと年次間差が大きく、7か年の平均値は840CDであった。

2) 採食利用状況

輪換回次ごとの採食利用状況の推移を第18図に、年間の採食利用状況を第12表に示した。

現存量には季節による変動があり、ピークの高さや時期など推移の様相は年次によってかなり異なった。また、輪換回次ごとの現存量は年平均では10a当たり乾物重で120~150kgの範囲にあった。播種様式間の差は1980年以降やや大きくなり、7か年平均では2種条播区が最も大きく、2種混播区、多種混播区の順であった。

輪換回次ごとの採食量は現存量との正の相関($P < 0.001$)が認められ、現存量と類似した季節変動の様相を呈した。年間採食量は10a当たり3区平均452~786kgの範囲にあり、7か年の平均では639kgであった。また、播種様式別にみると2種条播区が668kgあって最も多かった。

採食利用率の季節変動は年次により異なり、1979年は他の年次より変動が小さかった。また、春季に低く秋季に高い傾向を示す年次が多かった。年平均値では、1978年の36%から1984年の65%の範囲にあり、年次による差が大きかったが、播種様式別では平均48~50%あってその差は小さかった。

1日1頭(成雌牛体重500kgに換算)当たりの採食量は、乾物重

第11表 播種様式別の牧養力

(C D / ha)

年次	2種混播区	2種条播区	多種混播区	平均
1978	718	669	690	692
'79	917	847	890	884
'80	894	882	861	879
'81	776	808	730	771
'82	872	827	825	841
'83	1067	983	923	991
'84	822	830	808	820
平均	867	835	818	840

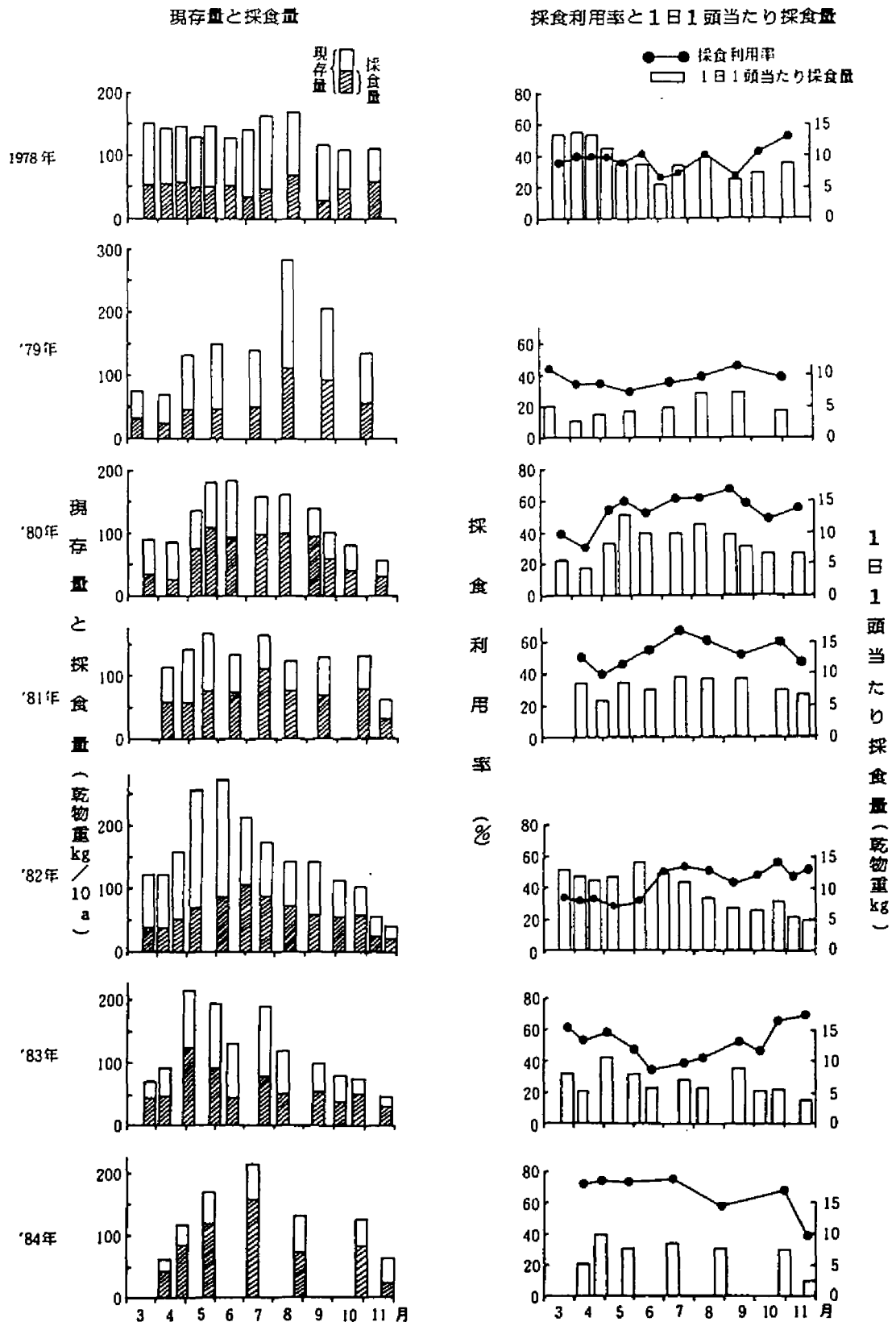
注) 各処理区とも2牧区の平均値で示す。

第12表 処理区ごとの採食利用状況

項 目	処理区	1978	'79	'80	'81	'82	'83	'84	平均
現 存 量 ¹⁾ 乾物重 kg/10a	2種混播	130	158	136	141	152	119	121	137
	2種条播	143	141	126	128	170	137	170	145
	多種混播	144	150	109	114	126	103	91	120
	平 均	139	150	124	128	149	120	127	134
年 間 採 食 量 乾物重 kg/10a	2種混播	522	497	849	727	761	588	579	646
	2種条播	571	412	755	604	828	759	747	668
	多種混播	732	447	651	524	768	629	461	602
	平 均	608	452	752	618	786	659	596	639
採 食 利 用 率 ¹⁾ (%)	2種混播	34	39	55	57	39	46	65	48
	2種条播	34	38	53	53	41	53	61	48
	多種混播	42	34	51	49	50	57	70	50
	平 均	36	37	53	53	43	52	65	49
1日1頭 当採食量 ²⁾ 乾物重 kg/頭	2種混播	7.7	5.3	9.1	9.9	9.2	5.7	6.9	7.7
	2種条播	9.1	4.8	8.6	7.1	10.3	7.7	8.7	8.0
	多種混播	11.8	4.6	7.3	7.0	9.7	6.8	5.5	7.5
	平 均	9.5	4.9	8.4	8.0	9.7	6.7	7.0	7.8

注1) 輪換回次ごとの平均値で示す。

2) 1頭の体重は500kgに換算した。



第18図 輪換回次ごとの採食利用状況の推移

注1) 3処理区 (2種混播区、2種条播区及び多種混播区) の平均値で示す。
 2) 1頭の体重は500kgに換算した。以下の図表も同じ。

で4.6～10.3kgの範囲にあったが、1978年及び1982年の春季には10kg以上の高い水準にあった。年平均値は1979年の4.9kgから1982年の9.7kgの範囲にあり、育成牛を放牧した年次の値が高い傾向がみられた。播種様式別では年次によってやや差がみられたが、7か年の平均では7.5～8.0kgの範囲にあり、3区平均では7.8kgであった。

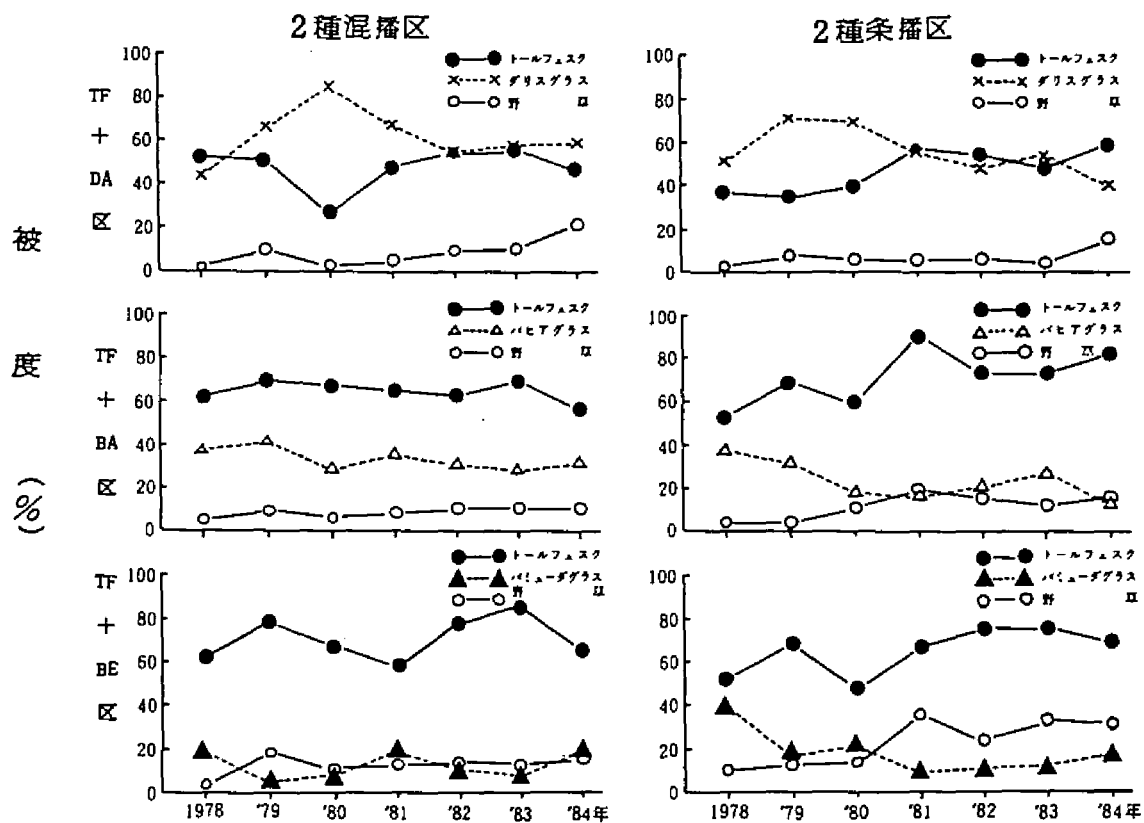
3) 植生の推移

2種混播区及び2種条播区における草種別の被度の推移を第19図に示した。TF+DA区については、2種混播区、2種条播区とも前半3～4年間はダリスグラスの被度が高い年次が多かったが、後半はトールフェスクとともに50%程度で安定して推移した。野草の被度は両区とも1983年までは10%以下で推移したが、1984年にはやや増加した。

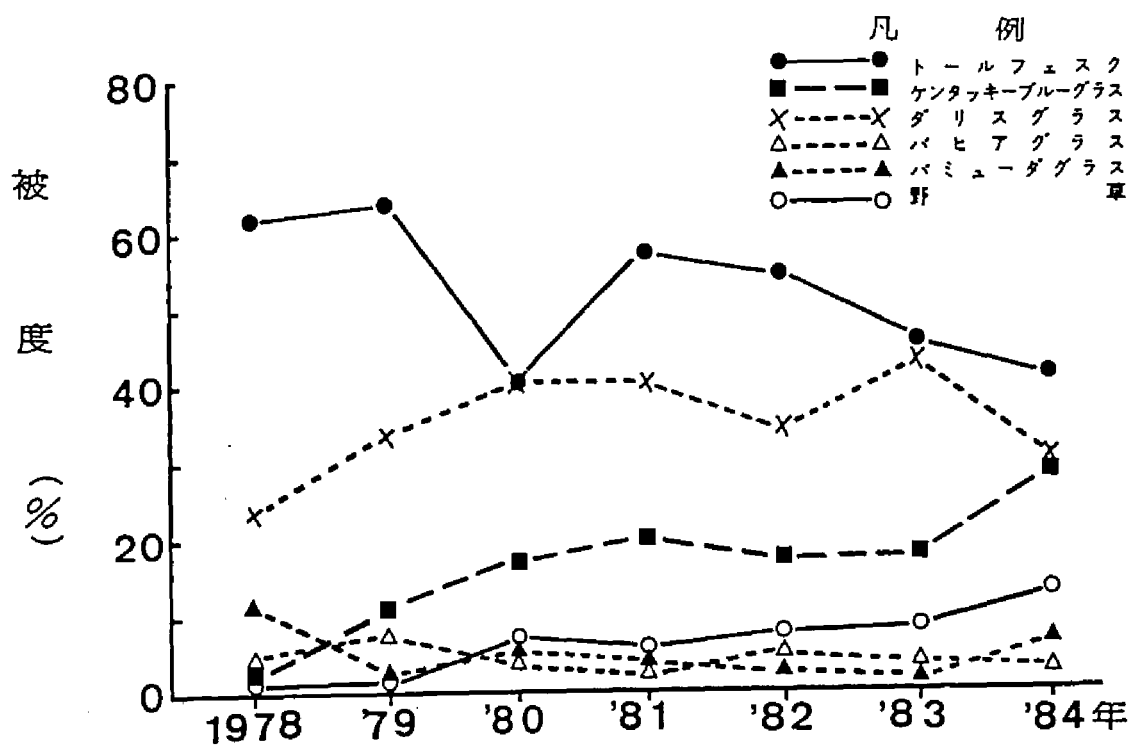
TF+BA区では、2種混播区はトールフェスク60～70%、バヒアグラス30～40%、野草5～10%程度で安定して推移した。一方、2種条播区ではトールフェスクと野草の被度が経年的に増加し、バヒアグラスが減少する傾向がみられた。すなわち、トールフェスクの被度は1978年の53%から1984年には82%に、野草は4%から15%にそれぞれ増加し、バヒアグラスは38%から13%にまで減少した。

TF+BE区のうち2種混播区では、年次によりやや変動はあったもののトールフェスクの被度は60～80%、バミューダグラスと野草はそれぞれ5～20%程度で比較的安定して推移した。一方、2種条播区ではトールフェスクの被度が当初の52%から70%前後にまで増加し、バミューダグラスは39%から18%に減少した。また、野草では1980年までは10%程度にすぎなかったが、1981以降は急増し30%前後を占めた。

多種混播区における草種別の被度の推移を第20図に示した。トールフェスクの被度は1978年には62%であったが、1984年には41%に減少した。一方、ケンタッキーブルーグラス (*Poa pratensis* L.) は経年的に増加の傾向を示し、当初の1%から29%に達した。ダリスグラスは1978年には24%であったが、1980年には40%に増加し、



第19図 2種混播区及び2種条播区における草種別の被度の推移



第20図 多種混播区における草種別の被度の推移

その後は30～40％程度で推移した。バヒアグラスとバミューダグラスは、後者が1978年にやや高かった以外は5％前後で推移した。また、野草は当初1％にすぎなかったが経年的に増加し、1984年には13％になった。以上のように、造成時に混播された牧草の被度はトールフェスクが最も高く、次いでダリスグラス、ケンタッキーブルーグラスの順となり、バヒアグラスとバミューダグラスは5％前後にすぎなかった。また、シロクロローバ（*Trifolium repens* L.）とバースフットトレフォイル（*Lotus corniculatus* L. var. *japonicus* Regel）はほぼ消滅した。

4 考察

本節で供試した寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせた不耕起造成草地の放牧利用期間は約250日間で、西南暖地の寒地型牧草の生育期間^{88,115)}とほぼ一致した。暖地型牧草の生育期間は後述のように5月から10月までで、同草種の単一草地では利用期間が短いため、寒地型牧草との組み合わせは利用期間延長の点からも有意義と考えられる。

つぎに、供試草地の年間牧養力は7か年平均840CDであり、試験開始以前と同水準に維持された。当場の寒地型牧草（トールフェスク）単一草地を使用した周年放牧では年間1137CDの牧養力が得られている³⁵⁾が、これは秋季にも施肥を行って牧草を草地に備蓄し、冬季も放牧を行ったためであり、このうち春～秋季の放牧では918CDの牧養力を示している。したがって、季節生産性平準化の観点にたった長期安定的な利用を考慮すれば、7か年平均840CDの牧養力は十分満足できる値と考えられる。

しかし、牧養力にはかなり年次間差がみられた。これは、草地の生産量の影響が最も大きいと考えられ、第2節で気象要因と関連づけながら考察する。また、育成牛を放牧した年次の牧養力が1980年を除いて小さい傾向にあった。育成牛は成牛より単位体重当たりの基礎代謝量が大きく⁸⁶⁾、増体にもエネルギーを要するが、牧養力を成雌牛体重に換算しCDで表したため、牧養力が過小に評価され

たことも一因と考えられる。

つぎに、播種様式間の牧養力の相違は、同一年次では年次間のそれに比べて小さかった。これは、草地の生産量に大きな影響を及ぼす気象要因が同一であること、及び同一年次には同一牛群あるいはほぼ同月齢の牛群を輪換放牧したためと考えられる。

現存量は季節によって変動し、その量や季節変動の様相は年次によって異なった。嶋村ら¹²⁹⁾は、放牧前後の牧草現存量から推定した牧草日生産量の季節的推移を長期間にわたって調査し、その年次変動が気温ならびに降水量に大きく影響されることを認めている。また、伊藤⁴⁴⁾は、放牧地牧草の季節的な生産パターンが春の放牧開始時期や放牧頻度（放牧圧）などの放牧方法によって異なることを明らかにしている。当草地の現存量、採食量等の季節的推移やその年次変動についても、気温や降水量など気象要因の影響を強く受ける草地生産量や放牧方法（放牧牛の頭数や月齢、滞牧・休牧日数など）との関連が深いものと考えられる。そのうち、草地生産量については第2節で考察する。

放牧方法との関連で考察を加えると、1982年の春季には、1日1頭当たりの採食量が多いにもかかわらず採食利用率が低い。これは、現存量の推移から明らかなように春季の草量が予想以上に多く、草量に応じた放牧頭数が確保できなかったためであり、1978年、1981年にも同様の傾向がみられる。1979年には採食利用率、1日1頭当たり採食量ともに低い傾向にあった。これは、同年の放牧牛群が2頭で構成されたため1牧区当たりの滞牧日数が平均5.1日と例年より長くなり、放牧前後の刈り取り法による採食量の推定では滞牧期間中の草の生長量が含まれていないため、採食量が過小に評価されたことが一因と考えられる。つぎに、1日1頭当たり採食量では、成牛より育成牛を放牧した年次の方が高い傾向がみられた。1日1頭当たりの採食量には、草量^{109, 127, 131)}、草質^{27, 66, 126)}、草高^{44, 55)}、放牧強度^{66, 118, 120, 124, 131, 136, 137)}など様々な要因が関与するといわれているが、Holmesら²⁸⁾や小野寺ら¹⁰⁸⁾が認めて

いるように、体重の小さい牛ほど体重当たりの採食草量が大きいことが一因と考えられる。

また、寒地型牧草の単一草地では、前述のようにスプリングフラッシュ時の余剰草の嗜好性の低下や飼料価値の減少^{58, 93, 98, 126)}により、採食利用率や1日1頭当たりの採食量の低下する危険性が大きいが、当草地ではこれらの傾向が顕著に現れず、両型牧草の混生草地の有利性が認められた。

2種混播区及び2種条播区の暖地型牧草の夏季の被度は、両区ともダリスグラスが最も高く、次いでバヒアグラス、バミューダグラスの順であり、寒地型牧草は概ね暖地型牧草と逆の傾向にあった。これは、草地造成当時の混生割合、暖地型牧草の耐寒性及び両型牧草の競争力などが要因と考えられる。造成当時の混生割合について利用1年目の暖地型牧草の草量をみると、概ねダリスグラス>バヒアグラス>バミューダグラスの順であり、バヒアグラスは利用3年目までしだいに増加する傾向にあった。野田ら⁸⁹⁾は、牧草の初期生育について株を形成するものが早く、次いでほふく茎を発生するものであり、地下茎をもつものは最も遅い傾向にあり、ダリスグラスがやや早く、バミューダグラスはやや遅い方で、バヒアグラスは遅いと述べている。造成当時の混生割合についてはこのような初期生育の相違やトールフェスクとの競合などが要因と考えられる。

また、耐寒性についてはダリスグラスが他の2草種よりも強いとされており^{38, 68, 71, 89)}、ダリスグラスの被度が高い一要因と推測される。また、トールフェスクとの競争力という点では、ダリスグラスは深い根を有し、草型は叢状をなし、早ばつに強く、再生力が旺盛とされ⁷¹⁾、他の暖地型牧草に比べて競争力が最も強いと考えられる。バヒアグラスは放牧及び蹄傷によく耐えるが、初期生育が遅いとされ⁷¹⁾、草丈もダリスグラスより低い。バミューダグラスは地上茎及び地下茎によってよく広がる放牧草である⁷¹⁾が、草丈は3草種の中では最も低く、トールフェスクに抑圧される度合が最

も大きかったものと推測される。

つぎに、2種混播区と2種条播区を比較すると、後者のTF+BA区ではバヒアグラスの被度が減少して野草が増加し、TF+BE区でも野草の被度の増加が2種混播区より顕著であった。これは、両播種様式の相違が雑草の侵入や暖地型牧草の寒害を被る程度などの差となって現れたものと考えられる。すなわち、暖地型牧草の生育開始時期は、第2節で述べる生産量の推移からみても明らかなように寒地型牧草に比べて非常に遅く、春雑草の繁茂する危険性が大きい。混播区では暖地型牧草の空間を寒地型牧草が補い、雑草による被圧が緩和される傾向にあり¹³⁴⁾、一方、条播区では播き幅が広いと補完作用が十分に発揮できないであろう。また、夏季には寒地型牧草に夏枯れが生じ裸地が発生する危険性があるが、春季とは逆に混播区では暖地型牧草による補完作用が発揮されるものと推測される。さらに、当試験地付近では冬季に暖地型牧草に寒害が生じる危険性がある⁵¹⁾が、この場合も、寒地型牧草との混播区の方が寒害に対する保護効果等が大きいと推測される。したがって、寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせる場合には、植生に維持の面から条播より混播の方が有利であろう。

つぎに、多種混播区ではトールフェスク、ダリスグラス及びケンタッキーブルーグラスの3草種が優占し、バヒアグラス、バミューダグラスは被度が数%程度であり、他の草種はほとんど消滅した。このことから、当初多数の草種を播種しても、競争力の強い数草種が優占してくるものと推測される。したがって、望ましい草種構成を創出し、維持する利用管理技術の確立が望まれる。

以上のように、当草地は播種様式や草種の組み合わせによって相違はあるものの、造成15年目においても植生は概して安定しており、牧養力も高く維持された。そのうち、トールフェスクとダリスグラスあるいはバヒアグラスとの混播方式が植生の安定性、草地の生産量の観点から優れていることが明らかとなった。当試験地付近では

前述のように寒地型牧草の夏枯れや暖地型牧草の寒害の危険性があり、草種の選定にはこれらに対する耐性が要求されるが、混播区においては両草種の補完作用によってある程度その影響が軽減される可能性が示唆された。また、利用管理の面では、比較的高水準の施肥を行ったこと、放牧開始時期、滞牧・休牧日数及び放牧圧を適正に保つよう努めたことなどが、安定した草生維持につながったものと考えられる。

第2節 寒地型牧草と暖地型牧草の組み合わせと季節生産性との関係

1 目的

第1節で述べたように、急傾斜草地は更新が困難であり、長期安定した利用が優先されなければならない。しかし、牧草には季節生産性が存在し、それに応じた放牧牛を確保する必要がある。しかも、急傾斜の不耕起造成草地では刈り取りは、極めて困難であり、放牧季節の途中での牛の増減も困難である場合が多い。そこで、草地の牧草生産量を放牧シーズンを通じて平準化することが、重要な課題となる。

季節生産性の平準化は多くの研究者によって試みられており、寒地型牧草の単一草地では放牧開始時期^{17, 55)}、施肥方法^{5, 16, 17, 61, 84, 156)}、放牧強度^{44, 56, 137, 141, 156)}などがある。一方、寒地型牧草と暖地型牧草の生育時期の相違に着目して、両草種を組み合わせた報告^{39, 78, 81)}もみられる。例えば、中野⁸¹⁾はトールフェスクとダリスグラスの混生草地と両草種を併用利用した場合の季節生産性を比較している。また、名田ら⁷⁸⁾は寒地型牧草と暖地型牧草の各々の草地を輪換放牧する方法を検討している。

本節では、第1節で供試した寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせ、不耕起造成された草地について、草種ごとの季節生産性を明ら

かにし、適正な混生割合について検討した。

2 材料と方法

1) 対象草地

対象草地の概要は本章第1節に示したとおりである。

2) 調査項目

(1) 月別牧養力

第1節で1978年から1984年まで7か年間調査した試験牧区ごとの牧養力を月別牧養力に換算した。

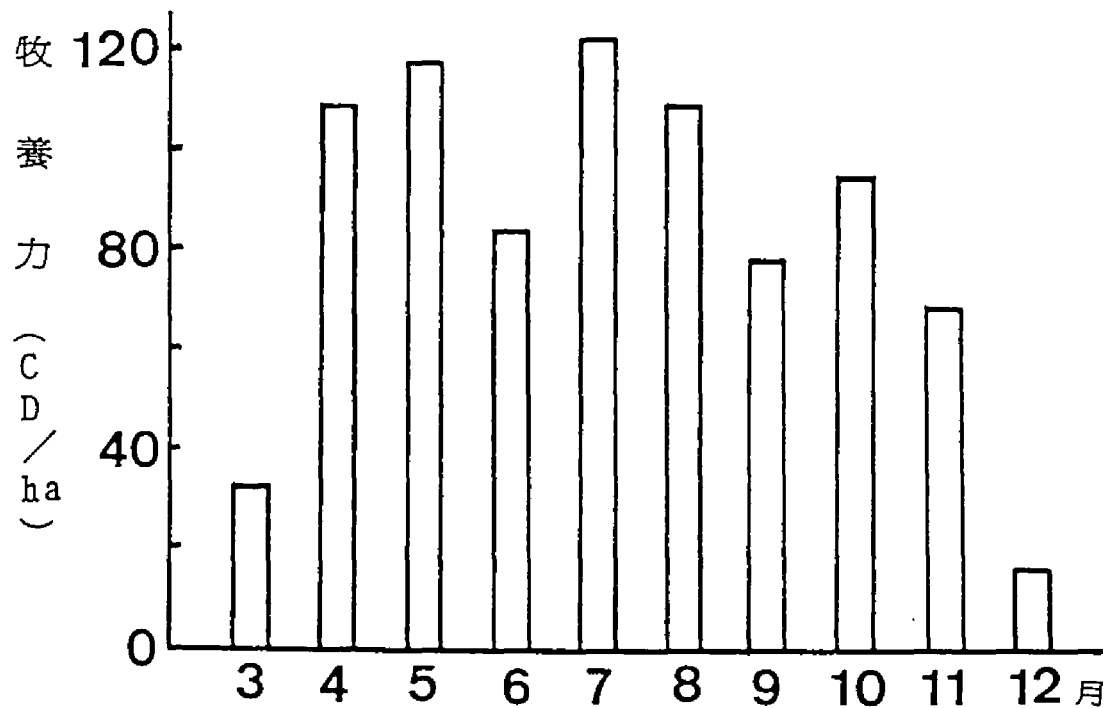
(2) 草地の生産量と季節生産性

1981年から1984年まで4か年間、各播種様式から1牧区ずつ選んで固定ケージを設置し、その中の1m²ずつを3月から11月まで各月末に刈り取った。2種混播区は、草種の組み合わせ別に3か所ずつ(計9か所)を刈り取り、寒地型牧草、暖地型牧草及び野草に分別して生産量を測定したが、2種条播区及び多種混播区については1牧区当たり6か所ずつ刈り取り、分別は行わなかった。なお、固定ケージはその試験区の植生の代表的地点を選んで2月末日にその位置を掃除刈りして設置し、11月末日まで同一場所に固定し、年次ごとの調査位置は移動した。

3 結果

月別牧養力を1978～1984年の平均値として第21図に示した。7月の牧養力はha当たり123CDあって最も高く、ついで5月、4月、8月の順であり、いずれも110CD以上あった。続いて10月、6月及び9月が高く69～95CDの範囲にあったが、3月は33CD、12月は16CDにすぎなかった。

固定ケージによって測定した草地の生産量を第13表に示した。前半2年間の年間生産量は各播種様式内では年次による差が小さかったが、1983年には10a当たり乾物重で約200kg減少し、翌1984年も引き続き同程度減少した。また、播種様式別では2種混播区が4年平均1146kgあって最も多く、次いで2種条播区の999kg、多種混



第 21 図 月別の牧養力 (1978～1984年の平均値)

第13表 草地の生産量				乾物重 (kg/10a)		
処 理	草 種	1981	'82	'83	'84	平均
2 TF+DA区	寒地型牧草	621(44)	663(50)	448(43)	512(52)	561(47)
	暖地型牧草	645(45)	494(38)	412(40)	362(37)	478(40)
	野 草	151(11)	154(12)	179(17)	112(11)	149(13)
	計	1416	1311	1039	987	1188
種 混 TF+BA区	寒地型牧草	905(68)	839(64)	670(58)	529(65)	736(64)
	暖地型牧草	352(26)	420(32)	359(31)	228(28)	340(29)
	野 草	84(6)	52(4)	123(11)	56(7)	79(7)
	計	1342	1311	1153	813	1155
播 区 TF+BE区	寒地型牧草	764(69)	1014(70)	766(77)	599(71)	786(72)
	暖地型牧草	242(22)	326(23)	120(12)	134(16)	205(18)
	野 草	106(9)	98(7)	104(11)	111(13)	105(10)
	計	1111	1439	989	844	1096
平 均		1290	1354	1060	881	1146
2 種 条 播 区		1040	1117	1028	813	999
多 種 混 播 区		1124	1095	822	681	931
総 平 均		1151	1189	970	792	1025

注) () 内は、各草種の生産量の割合を示す (%) .

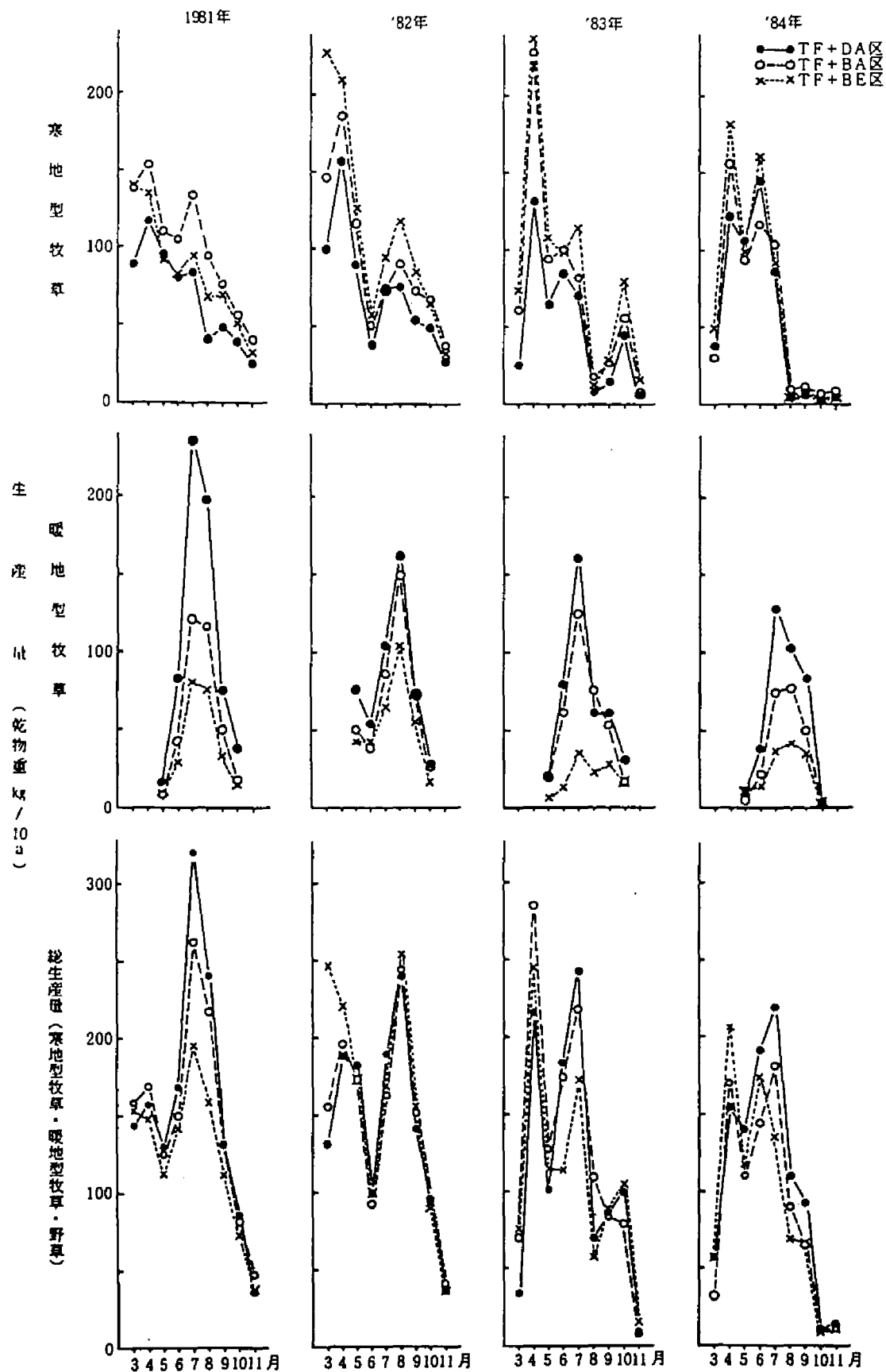
播区の 931kg順であった。

2種混播区の草種の組み合わせ別では、年間生産量の差は比較的小さく4か年平均では1096～1188kgの範囲にあった。しかし、各区内の草種別生産量の割合は、TF+DA区、TF+BA区及びTF+BE区において寒地型牧草がそれぞれ47%、64%及び72%、暖地型牧草がそれぞれ40%、29%及び18%であり、草種の組み合わせによって大きく異なった。

2種混播区における寒地型・暖地型牧草別の月別生産量を第22図に示した。寒地型牧草、暖地型牧草及び総生産量の季節生産性の変動パターンは、同一年次では各区ともに非常に類似していた。しかし、月別生産量の値は、暖地型牧草では各月ともTF+DA区>TF+BA区>TF+BE区の傾向が顕著に現れ、寒地型牧草では概ね逆の傾向がみられた。

寒地型牧草の季節生産性は、4月の生産量が最も多く、次第に減少する傾向にあった。しかし、3月の生産量は年次によって異なり、1982年が最も多く次いで1981年が多かった。また、夏季の生産量も1981年及び1982年が多かった。1983年には秋季の生産量の回復がみられたが、1984年は全く回復しなかった。一方、暖地型牧草は生産期間が5月から10月までと短く、7、8月にピークのある単頂型の季節生産性を示した。しかし、ピークの時期は年次及び処理区によってやや異なった。

つぎに、総生産量は各年次、処理区ともに春季と夏季にピークがみられたが、ピークの高さは処理区ごとに春季と夏季で、あるいは年次によって異なった。すなわち、TF+DA区では各年次とも夏季のピークの方が高く、その傾向は1981年が最も顕著であった。また、TF+BA区では1981年及び1982年は夏季のピークが高かったが、1983年は逆に春季が高く、1984年はほぼ同水準にあった。さらに、TF+BE区では1981年は夏季に高く、1982年は同程度、1983年及び1984年は春季の方が高かった。



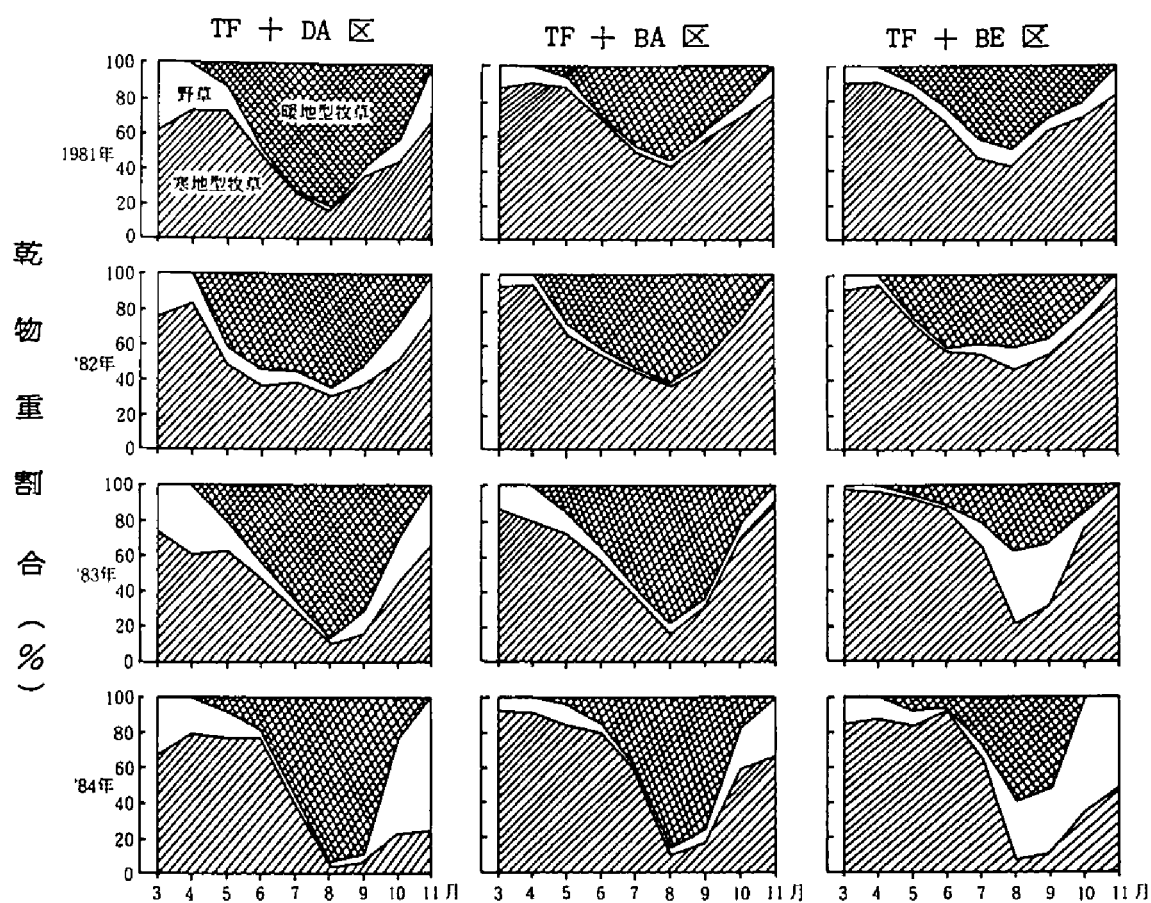
第22図 2種混播区における寒地型・暖地型牧草別の月別生産量

2種混播区における寒地型・暖地型牧草及び野草の生産割合の推移を第23図に示した。寒地型牧草は各区とも3月あるいは4月の生産割合が最も大きく、TF+DA区では60～80%程度、TF+BA区とTF+BE区では約90%を占めた。その後各区とも経時的に減少して8月に最小となり、秋季には再び増加した。また、1983年と1984年の夏季の生産割合は前半2年に比べて各区とも小さく、1984年には秋季の回復程度も少なかった。一方、暖地型牧草はいずれも8月の生産割合が最も大きく、TF+DA区では65～94%、TF+BA区では53～86%、TF+BE区では37～59%を占め、各年次ともTF+DA区>TF+BA区>TF+BE区の傾向を示した。つぎに、野草の生産割合はTF+DA区及びTF+BA区では春季と秋季に高く夏季に低い傾向にあったが、1984年の秋季はとくに高かった。また、TF+BE区では前半2か年は1～15%の範囲で推移したが、1983年の夏季及び1984年の夏～秋季には非常に高く、1984年の10、11月には50%を超えた。

3 考察

当草地の月別牧養力によると、夏季にも4、5月と同程度の牧養力が得られ、寒地型牧草（トールフェスク）の単一草地の月別牧養力³⁵⁾よりも平準化された。これは、後述のように寒地型、暖地型両牧草の生育期の相違により草地の季節生産性が平準化され、とくに夏季の生産量が高まったことが主な要因と考えられる。

播種様式ごとの草地の年間生産量は2種混播区が最も多く、ついで2種条播区、多種混播区の順であった。2種条播区では、前述のようにバヒアグラスやバミューダグラスを条播した部分へヒメスイバやハコベなどの野草が侵入したことが大きく影響した。また、多種混播区ではケンタッキーブルーグラスが増加してきており、当草種は地下茎により広がり密な芝地を作るが、早ばつと夏の暑さには弱い⁷¹⁾とされ、トールフェスクに比べて生産量の少ないことが、多種混播区が生産量が少なかった一因であろう。また、1983年と1984年の年間生産量が減少したのは、1983年8月及び1984年8月以



第23図 2種混播区における寒地型・暖地型牧草及び野草の生産割合の推移

降の降水量不足が大きく影響したものと考えられる。

2種混播区における草種別の年間生産量は、暖地型牧草ではTF+DA区>TF+BA区>TF+BE区となり、寒地型牧草では逆の傾向を示した。これは、草種別の夏季の被度とほぼパラレルな関係にあり、各草種の混生割合を反映したものと考えられる。

2種混播区の草種別の季節生産性をみると、寒地型牧草（トールフェスク）は4月の生産量が最も多く、しだいに減少する傾向を示し、秋季の回復の程度は小さかった。これは、1983年及び1984年の夏季の生産量が極度に少ない以外は、当試験地のトールフェスク単播草地の季節生産性³⁵⁾と類似しており、秋季にもかなりの生産量があるとする三秋らの報告⁶⁹⁾とはやや傾向を異にしている。また、季節生産性の変動の様相は各処理区とも年次によって異なっており、気象要因とくに気温及び降水量の影響の大きい^{129, 138)}ことが示唆される。まず、3月の生産量を比較すると、前半2年間で後半2年間より多かった。これは、3月の平均気温が高い年次ほど生産量も高い傾向を示し、気温の影響が大きいことがうかがえる。また、1982年6月の生産量の低下が例年より著しかったのは、同年5～6月の降水量不足が主な要因と考えられる。つぎに、1983年及び1984年には夏季の生産量の低下が顕著であった。寒地型牧草は22℃以上の期間が2か月以上続くと夏枯れが顕著である⁷¹⁾とされているが、月平均気温が22℃以上の月が1983年は7～9月の3か月間、1984年は6～9月の4か月間あって、前半2か年より高温期間が長かった。また、8月の平均気温も1983、1984年の方が高かった。さらに、8月の降水量についても10か年の平均値に比べて低く、これらが要因となって夏枯れの程度に年次差が生じたものと考えられる。1984年については、秋季の生産量の回復がほとんどみられなかった。山田¹⁵¹⁾によると、夏に衰弱が著しいと秋の回復も思わしくないとしており、夏季の衰弱の影響や、降水量不足が秋季にまで継続したためであろう。降水量は1981年の8、9月も少なかったが、同時期の平

均気温が1983、1984年に比べて低く、しかも適切な間隔で降雨があったことなどにより、同年秋季の生産量の極度の低下につながらなかったものと考えられる。

暖地型牧草は、夏季にピークのある単頂型の季節生産性を示した。しかし、生産量やそのピークの時期は年次によって異なった。Murataら⁷⁷⁾は、暖地型牧草の光合成の最適温度は約35℃と高く、その生育適温も高いことを示唆しており、また、後述のように当試験地のバミューダグラス草地の季節生産性も夏季の気温と関連が深いことから、暖地型牧草の生産量は気温、とくに夏季の気温の影響が大きいものと考えられる。すなわち、1981年の生産量は7月が最も高く8月にはやや低下する傾向にあったが、これは同年7月の平均気温が8月よりやや高く、他の3か年とは逆の関係にあったためと推測される。また、1982年には生産量のピークが各区とも8月にあったが、これは同年7月の平均気温が他の3か年より2℃以上低く、暖地型牧草の7月の生育が抑制されたためと考えられる。1983年は7月より8月の平均気温が高かったにもかかわらず、後者の生産量が少なかった。これは、前述のように同年8月の降水量が10か年平均値の1/2以下と少なく、寒地型牧草の夏枯れが顕著であったが、このような早ばつ条件下では暖地型牧草にも影響が及んだものと推測される。1984年の夏季の生産量と気温、降水量との関係についても1983年と同様の関係が認められる。

トールフェスクとダリスグラスの混生草地と両草種を併用した場合の季節生産性を比較した中野⁸⁰⁾は、混生草地内の両牧草の季節生産性は単播草地と異なり、4～7月はダリスグラスが、7月以降はトールフェスクが抑制されることを明らかにしている。当草地においても、寒地型牧草にとって厳しい条件下では、暖地型牧草によって寒地型牧草が抑制されたと考えられるが、前述のように暖地型牧草間では草丈等が異なるため、その抑制程度も異なるであろう。

総生産量の季節生産性には春季と夏季にピークがみられ、ピーク

が2回ある点では中野の報告⁸⁰⁾と一致したが、ピークの時期はやや早かった。両型牧草の季節生産性の推移や草種別生産割合の推移からみられるように、春季のピークは寒地型牧草の生産によるものであるが、夏季のそれは両型牧草が関与しており、暖地型牧草の被度が高いほどその貢献度が大きかった。また、5月、6月には生産量の谷部が毎年みられたが、寒地型牧草のスプリングフラッシュ以後の減少量を、生育開始時期の遅い暖地型牧草が十分補いきれないためであろう。

さらに、両ピークの高さや時期をはじめとする季節生産性の様相は、処理区間や年次間でかなり異なっていた。これまで考察してきたように、処理区間の生産量及び季節生産性の差異は両型牧草の混生割合によるところが大きく、一方、処理区ごとの年次差は気象要因との関連が強いであろう。とくに夏季のピークの高さは、ほぼTF+DA区>TF+BA区>TF+BE区の順であり、これは夏季の暖地型牧草の被度とよく一致しており、各区の暖地型牧草の混生割合が反映されたものである。つぎに、年次による特徴をみると、1981年は各区とも夏季のピークが春季より高く、TF+DA区ではとくに顕著である。これは、寒地型牧草の夏季に向けての低下が他の年次より緩慢であるとともに、暖地型牧草の生産量も高かったため両方の効果が現れたものであろう。また、1983年及び1984年には各区とも8月の生産量の低下が著しく、夏季の早ばつの影響が大きかったものと推測される。

草種別生産割合においても、暖地型牧草の占める割合はTF+DA区>TF+BA区>TF+BE区の傾向がみられる。また、1983年及び1984年8月の寒地型牧草の生産割合の低下は著しく、夏枯れの程度が強かったことがうかがえる。とくに、1984年の秋季には野草の生産割合が顕著に増加したが、8月以降の連続した降水量不足によって牧草が衰弱して、野草が侵入したものと推測される。

以上のように、2種混播区の寒地型及び暖地型牧草の季節生産性

の違いから、混生草地の季節生産性は両型草種の各々の単播草地に比べて著しく平準化され、結果的に余剰草の草質低下をも防止することになる。この場合、両型草種の混生割合が問題となるが、とくに暖地型牧草は夏季の短期間に生産量が集中する傾向にあり、その割合が多いと1981年のTF+DA区のように夏季のピークが大きくなりすぎる可能性が高い。名田ら⁷⁸⁾は、九州農試において両型草地各々の組み合わせを検討し、寒地型牧草と暖地型牧草の草地面積割合が7:3程度なら平準化した年間放牧が可能なことを報告している。また、両型牧草の混生草地の場合は、両単播草地の併用方式よりも季節生産性が平準化する⁸⁰⁾とされているが、当草地の2種混播区の合計生産量の推移からみて、TF+DA区ではやや夏季のピークが高く、TF+BE区では春季のピークが高い傾向がみられる。したがって、当試験地付近では寒地型牧草と暖地型牧草の夏季の被度の比が6:4ないしは7:3程度の草生に維持管理するのが望ましいと判断される。

第3節 要約

西南暖地の低標高地帯を主体とする不耕起造成草地の維持管理や季節生産性の平準化について検討するため、四国農業試験場内の不耕起造成草地の造成9年目から15年目までの牧養力、植生及び生産量等の推移を調査した。この草地は、傾斜10~20度の北向き斜面のアカマツ林を伐採し、寒地型牧草と暖地型牧草を混播あるいは条播して不耕起法で造成したものである。

当草地には肉用牛（黒毛和種）の成牛あるいは育成牛を輪換放牧し、放牧期間は概ね3月中旬から11月下旬までの250日間であった。調査期間中の牧養力は平均840CDで、調査開始以前とほぼ同水準に維持された。また、夏季にも春季と同程度の牧養力が確保された。

草地の適正な放牧利用、管理に努めたため、牧草の顕著な余剰や

不足は生じなかった。現存量、採食量及び採食利用率は季節や年次により異なり、草地の生産量や放牧方法（放牧頭数、滞牧日数など）の影響が大きいと判断される。年間平均採食量は乾物重で $639\text{kg}/10\text{a}$ 、1日1頭（成雌牛体重 500kg に換算）当たりの平均採食量は 7.8kg であった。

寒地型牧草（トールフェスク）と暖地型牧草（3草種）の各々1草種ずつが混播された草地では、夏季の寒地型牧草と暖地型牧草の被度の比は概ね5（トールフェスク）：5（ダリスグラス）、7（同）：3（バヒアグラス）及び8（同）：2（バミューダグラス）であった。また、両型草種が1草種ずつ交互に条播された草地では、バヒアグラス及びバミューダグラスの被度は減少し野草が増加する傾向にあり、混播草地の植生が条播草地より良好で安定していた。寒地型牧草4草種と暖地型牧草3草種が混播された草地では、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラス及びバヒアグラスの3草種が優占した。

3月から11月までの不耕起造成草地の平均生産量は乾物重で $1025\text{kg}/10\text{a}$ あり、2草種の混播区が最も多かった。その生産カーブは、寒地型牧草では春季の生産量が最も多くしだいに減少し、一方暖地型牧草は夏季の短期間に生産量が集中するため、総生産量では春季と夏季にピークがみられたが、季節生産性は各々の単播草地に比べて改善された。その場合、季節生産性の平準化には寒地型牧草と暖地型牧草の夏季の被度が6：4ないし7：3程度の混生比となる草生が望ましいと判断される。

以上のように、当草地では比較的高い牧養力が長期間にわたって維持され、植生も混播草地ではとくに良好な状態で安定して推移した。また、寒地型牧草と暖地型牧草を適度な割合で混生させれば、草地の季節生産性を改善できることが明らかとなった。したがって、両型牧草の混播による不耕起造成方式は、西南暖地の急傾斜地帯を牧草地化するための1つの有効な方法と判断される。

第4章 短草型草地の植生と適正利用法

第1節 シバ草地の植生と牧養力

1 目的

植物群落は、それを構成している植物の種類やその広がりによって特徴のある景観を呈する。短草型草地は、草地を植生や利用上から分類したときの1つの型であり、草丈の短いイネ科草が優占している草地である⁸⁸⁾。

シバ草地は代表的な短草型草地であり、牧草、踏圧等の条件下で成立し¹⁵⁷⁾、適度な放牧管理条件下では安定した群落を維持する。その生産力や牧養力については次第に明らかにされ、一定の評価を得てきている^{12-14, 24, 40, 41, 50, 54, 57, 72-74, 100, 113, 114, 139, 140)}が、特にその高い土壌保全能力^{82, 83)}は急傾斜地での放牧への貢献が期待される。

河野ら⁵⁰⁾は、四国地域においてシバを順次移植して造成し、定置放牧を行なっている草地の植生の推移について報告している。しかし、この草地の放牧牛には、畜舎や草地内で濃厚飼料や粗飼料が給与されており、シバ草地自体の牧養力を正確に把握することは困難であった。そこで本節では、シバ草地を移植によって造成し、補給飼料無給与で放牧利用した場合の牧養力、植生の推移及び草地の生産量等を調査し、草地を安定的に維持するための放牧利用・管理方法等について検討を試みた。

2 材料と方法

1) 調査地の概要

(1) 位置、地形及び土壌

供試したシバ草地は、香川県善通寺市の大麻山（標高616m）の北面山麓にある四国農業試験場土地利用部内の標高約90mに位置しており、傾斜約8度の北向き斜面である。土壌は安山岩崩積土で、表層は花崗岩を含む埴壌土である。

(2) 造成と利用管理

既耕地約14aに、1975年10月、5～10cm幅のシバ（*Zoysia japonica* Steud）

の切片を50cm間隔に条植して、人工的にシバ草地を造成し、1976年より肉用牛（黒毛和種）の放牧を開始した。

移植時から1981年までの年間施肥量は第14表に示したとおりで、10a当たり成分量で年間平均N 14.0kg、 P_2O_5 3.1kg、 K_2O 13.6kgを、年3～4回に分けて化成肥料で施用した。

早春はスズメノカタビラ等がシバよりも早くから繁茂するので、雑草抑圧のため毎年主に3月～4月上旬に数回の管理放牧を行った。シバ生育期間中の放牧は、肉用牛の成雌牛（体重約500kg）を主に供試し、定置放牧するだけの十分な草地面積が確保できなかったため、4月～11月にかけて補給飼料は無給与で、概ね1か月に1度の間隔で輪換放牧を行った。

また1976、1977年は輪換放牧の各回次の終了時を目途に、年間5回程度の全面掃除刈りを行った。しかし、1978、1979年には、全面掃除刈りを春と秋の年2回にとどめ、1980、1981年には全く行わなかった。

2) 調査項目

(1) 放牧延頭数

春から秋までの放牧期間中の各輪換回次ごとに放牧時の体重及び放牧延頭数を調査し、成雌標準体重の500kgに換算して、ha当たりの放牧延頭数を算出した。

(2) 植生の年次変動

① 調査期間と調査時期

植生の年次変動の調査は、「草地動態に関する研究実施要領」⁹⁷⁾に準拠し、1976～1981年の6か年間実施した。また、調査時期は1976年は7月下旬に、それ以外の年は8月中・下旬に毎年1回実施した。なお、動態調査の直前の退牧日から調査時までの経過日数は、1976年と1980年は4～6日、1977～1979年及び1981年は2週間以上であった。

② コドラートの設置

供試草地には定置コドラート12ヶ、移動コドラート12ヶ、ケージ

第14表 シバ草地への年間施肥量

(成分kg/10a)

年次	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1976	14.6	4.5	13.1
'77	14.0	4.8	14.0
'78	14.2	2.4	14.2
'79	16.3	2.8	16.3
'80	13.5	2.4	13.5
'81	11.4	1.9	10.2
平均	14.0	3.1	13.6

第15表 シバ草地の牧養力

年次	放牧開始時期	終牧時期	輪換回数	放牧延頭数
年	月. 日	月. 日	回/牧区	頭/ha
1976	6.18	11. 2	5	256
'77	5. 2	11.14	6	530
'78	5. 4	11.16	7	912
'79	4.23	10.17	8	1091
'80	4.22	11. 1	7	1006
'81	4.24	10.23	7	1052

注1) 放牧延頭数は成雌牛体重500kgに換算した。以下も同じ。

2) 春の管理放牧は放牧延頭数から省いた。

6ヶを設置した。コドラートの大きさは $1\text{m}^2 (1\text{m} \times 1\text{m})$ であり、定置コドラートは、当調査期間中同一場所に固定し、移動コドラートは定置コドラートから約5m隔った地点に年度を追って順次設置した。また、ケージは毎年春の放牧開始時期から当植生調査時まで同一場所に固定して禁牧し、年次ごとに位置を移動した。定置コドラート、移動コドラート及びケージを、以後それぞれ定置区、移動区及び禁牧区とした。なお、定置区と移動区は、後者が当調査時に年1回刈り取られる以外は全く同一の放牧条件下に置かれているため、両区に共通する調査項目の結果は放牧区として取り扱った。

③ 植生調査及び地上部重量・リター重量調査

出現した種の同定、草丈、被度、積算優占度 (SDR_2 、以下 SDR_2 という)、植被率は、定置区、移動区及び禁牧区において、裸地率、地上部重量、リター重量 (地表未分解有機物重量) は、移動区と禁牧区で調査を行った。各調査項目の測定値あるいは算出方法は以下のとおりである。

a 植生調査

a) 出現した種の同定

出現したすべての植物について、その種を同定した。

b) 草丈 (H)

コドラートごとの各草種の草丈はそのコドラート内の最長個体について、地表から頂端までの長さを測定した。調査区毎の各草種草丈は、その調査区の各草種の合計草丈を出現コドラート数で除した値として求めた。

c) 被度 (C)

コドラートごとの各草種の被度は、その草種の冠部がコドラートに占める割合を目測して求めた。また、調査区ごとの各草種の被度は、その調査区の各草種の合計被度を全コドラート数で除した値として求めた。

d) SDR_2

群落を構成する各草種間の力関係を調査するため、被度と草丈の

比数から草種ごとの SDR_2 を次式から求めた。

$$SDR_2 = (\text{被度数} + \text{草丈比数}) \div 2$$

各草種の被度比数は、調査区別に草種ごとの各コードラートの被度を合計し、その合計値が最大の草種の値を100とした時の相対値である。この場合の合計被度は、冠部被度を以下の指数に置きかえて計算した。

被度の範囲	指数
$C < 1\%$ -----	0.04
$1 \leq C \leq 5$ -----	0.2
$5 < C \leq 25$ -----	1
$25 < C \leq 50$ -----	2
$50 < C \leq 75$ -----	3
$75 < C$ -----	4

各草種の草丈比数は調査区別に草種ごとの各コードラートの最大草丈を合計し、その合計値が最大の草種の値を100とした時の相対値である。

b 地上部重量及びリター重量調査

a) 地上部重量

草種ごとに地際から刈り取り、地上部の重量を測定した。この場合、シバなどのほふく茎は地下部とみなした。

b) リター重量

地上部のリターを熊手でかき集めて重量を測定した。

(3) 草地の生産量

1978年から1981年の4か年間、放牧期間中の草地生産量を調査した。各輪換放牧回次の終了時に、牛がよく採食し草丈が3~5cmの地点に牛の採食を避けるためのケージ5ヶを設置し、次の輪換放牧の終了時に、地上約4cmの高さでケージ内を刈り取り、この草量をその期間の草地の生産量とした。生産量調査のためのケージの位置は、輪換放牧回次ごとに移動させた。

3 結果

1) 草地の牧養力

シバ草地の牧養力を第15表に示した。放牧開始時期は、1976年は6月中旬で移植後の利用1年目のため遅かったが、1977年～1981年は4月下旬～5月上旬であった。また、終牧時期は11月上・中旬を目途に行なったが、1979年と1981年の2か年は10月中・下旬で、やや早かった。

1976～1977年は成牛あるいは育成牛2～8頭を、1978年以降は成牛2頭をそれぞれ1群とし、年間5～8回の輪換放牧を行なった。ha当たりの放牧延頭数は、造成翌年の1976年には256頭であったが、徐々に増加し、1978年以降は、912～1091頭（平均1015頭）を放牧し、高い牧養力を示した。

2) 植生の年次変動

(1) 出現草種とその出現回数

シバ草地の出現草種とその出現回数を第16表に示した。調査期間中に出現した草種数は、放牧区20科58種、禁牧区15科51種と前者がやや多く、合わせて22科73種であった。このうち両区に共通して出現した草種は12科36種、放牧区のみ出现过したのは15科22種、禁牧区のみ出现过したのは6科15種であった。

草種ごとの出現回数をみると、放牧区では6回（6年間）連続して出現した草種が9種あり、5回出現した草種も10種あった。また、1回だけの草種も19種あり、放牧区の出現草種数の3分の1を占めた。一方禁牧区では、5回連続して出現した草種は7種、4回出現した草種も3種あったが、1回のみ出現した草種は25種と多く、禁牧区の出現草種の約半分を占めた。

年次別の出現草種数を第17表に示した。放牧区では1976～1978年に34～35種出現し、1979年以降は23～26種に減少した。一方禁牧区でも、1977年は37種であったが、1978年以降は16～24種に減少した。

(2) 草丈

第16表 シバ草地の出現草種と出現回数

科	草 種 名	放	禁	科	草 種 名	放	禁
イネ科	シハ	6	5	カタハミ科	カタハミ	6	3
"	ハミュータクラス	6	3	トウダイグサ科	コニシキソウ	3	-
"	タリスグラス	6	5	"	エノキクサ	2	1
"	ラフグラス	6	4	マメ科	シロクロハ	6	3
"	レットトップ	-	1	"	コメツフツメクサ	-	1
"	ケンタッキフルグラス	5	3	"	ミヤコクサ	4	-
"	トルフェスク	5	2	"	ネコルキ	1	-
"	リートカナリグラス	-	1	"	ヤハズソウ	1	-
"	キンエノコロ	5	-	"	カラスノイントウ	-	1
"	エノコロクサ	3	1	ハラ科	ワレモコウ	1	-
"	イヌヒイ	2	2	ヒユ科	イヌヒユ	3	-
"	アキメヒシハ	1	-	スベリヒユ科	スベリヒユ	2	-
"	メヒシハ	6	1	タデ科	イヌタデ	3	1
"	ネリ	1	-	"	キシキシ	6	2
"	イチコツナキ	-	5	"	エソノキシキシ	1	-
"	オヒシハ	1	1	"	ヒメスイハ	5	5
"	イヌムキ	-	1	"	スイハ	2	-
"	ヒメコハソウ	-	4	オオハコ科	オオハコ	-	1
"	チカヤ	5	5	"	ヘラオオハコ	1	-
"	ススメノヒイ	5	5	キク科	ハルコクサ	-	1
"	シラケカヤ	1	1	"	ヒメシヨオン	3	1
"	ヌカホ	1	1	"	チチコクサ	1	2
"	コウホウ	-	1	"	ヨモギ	5	2
"	ナキナタカヤ	-	1	"	オオアレチノギク	6	5
"	ススキ	1	1	"	ホウキギク	-	1
"	トダシハ	2	-	"	ヒメムカシヨモギ	1	1
"	チカラシハ	2	1	"	ノアザミ	-	1
"	ネスミノオ	4	2	"	ノゲシ	1	2
カヤツリクサ科	ヒメクク	5	4	"	タカサフロウ	2	-
"	カヤツリクサ	3	3	"	タンホホ	2	-
イクサ科	クサイ	-	2	ヒルカ科	ヒルカ	2	-
アヤメ科	ニワセキシヨウ	2	3	"	コヒルカ	5	2
ツユクサ科	ツユクサ	1	-	シソ科	トウハナ	-	1
ヒメハギ科	ヒメハギ	1	-	ゴマノハクサ科	イヌノフク	1	-
スミレ科	タチツボスミレ	1	1	キツネノマコ科	キツネノマコ	3	-
"	スミレ	1	-	トクサ科	スギナ	4	3
アブラナ科	イヌカラシ	5	1				

注) 放は放牧区(1976~'81年), 禁は禁牧区(1977~'81年)の出現回数を示す。

第17表 シバ草地の年次別出現草種数

調査区	1976	'77	'78	'79	'80	'81	全調査期間
放牧区	35	34	35	23	23	26	58
禁牧区	欠	37	18	24	16	16	51

第18表 シバ草地の草丈階級ごとの草種数割合の推移

調査区	草丈階級	1976	'77	'78	'79	'80	'81	平均
	cm	% (種)						%
放牧区	1~ 10	11(4)	44(15)	46(16)	26(6)	22(5)	31(8)	30
	11~ 20	49(17)	41(14)	31(11)	22(5)	52(12)	46(12)	40
	21~ 30	17(6)	9(3)	14(5)	30(7)	22(5)	15(4)	18
	31~ 40	17(6)	6(2)	3(1)	4(1)	4(1)	4(1)	6
	41~ 50	6(2)	-	3(1)	17(4)	-	4(1)	5
	51~ 60	-	-	3(1)	-	-	-	0
禁牧区	1~ 10		-	-	4(1)	-	-	1
	11~ 20		5(2)	11(2)	4(1)	-	-	4
	21~ 30	未	8(3)	28(5)	13(3)	-	-	10
	31~ 40		14(5)	17(3)	29(7)	19(3)	19(3)	19
	41~ 50		24(9)	22(4)	21(5)	31(5)	19(3)	23
	51~ 60		14(5)	-	4(1)	6(1)	25(4)	10
	61~ 70	測	22(8)	6(1)	13(3)	13(2)	25(4)	15
	71~ 80		-	-	4(1)	13(2)	6(1)	5
	81~ 90		-	6(1)	4(1)	-	-	2
	91~100		5(2)	6(1)	-	-	-	2
	101~110	定	3(1)	6(1)	-	6(1)	-	3
	111~120		3(1)	-	4(1)	13(2)	6(1)	5
	⋮		-	-	-	-	-	-
	161~170		3(1)	-	-	-	-	1

注) () 内は草種数を示す。

草丈を10cmごとの階級に分け、各々の草種数割合の推移を第18表に示した。放牧区では草丈11~20cmの階級の草種数の割合が平均40%あって最も多く、次いで1~10cmの階級が多く、30cm以下の階級に全体の88%の草種が集中し、短草型草地の特徴が顕著にあらわれた。放牧区で草丈が31cm以上になった草種数は、年次により1~8種あったが、41cm以上になった草種は少なく、年次により0~4種で、イネ科のラブグラス、キク科のオオアレチノギク等の7種であった。

禁牧区では放牧区と異なり、草丈階級で最も多いのは41~50cmの階級で平均23%の草種が分布し、次いで31~40cmの階級であった。草丈31cm以上の階級には全体の85%の草種が含まれ、4月から8月の調査時までの禁牧の影響が顕著であった。

シバ草地の主要草種の草丈の推移を第19表に示した。シバの草丈は放牧区では15~22cmの範囲にあり、1979年以降がやや高かった。禁牧区では33~50cmの範囲にあり、同じ年の放牧区の草丈に比較し1.7~3.3倍（平均2.3倍）の草丈であった。シバ以外の主要草種の放牧区と禁牧区の草丈を比較すると、いずれも禁牧区が高く、禁牧による増加程度は、ダリスグラスが放牧区の平均3.9倍、チガヤが3.5倍、オオアレチノギクが7.6倍と、シバの増加割合を大きく上回った。

（3）被度

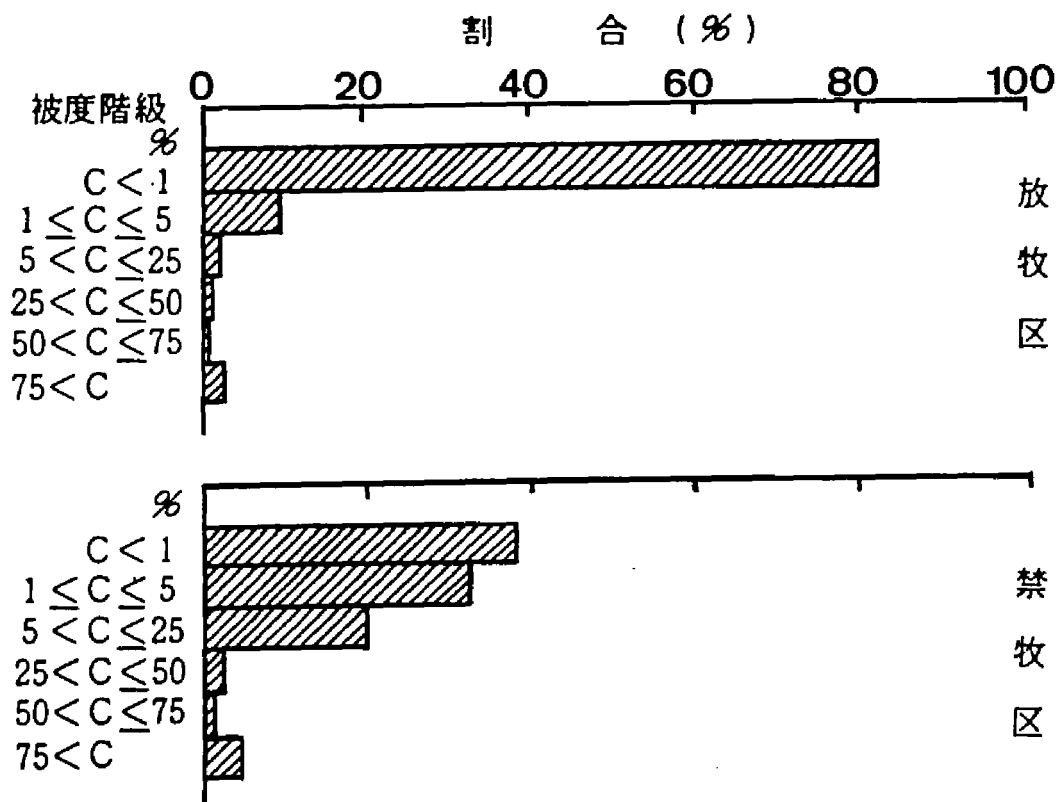
被度を6階級に分け、各階級ごとの草種数割合の分布を第24図に示した。放牧区では、被度1%未満の草種が圧倒的に多く、全体の83%を占めた。禁牧区では、被度1%未満の草種が全体の38%を占め、最も多かった、しかし1~5%及び5~25%の2階級にもかなりの草種が分布し、春から夏までの禁牧によって、被度の増加する草種が多かった。

シバ草地における主要草種の被度の推移を第20表に示した。放牧区のシバの被度は、移植翌年の1976年夏には32%であったが、翌1977年には大幅に増加して83%となり、1978年以降は90%以上となった。他の草種では、1976年にはメヒシバが最も多く67%、キンエノ

第19表 シバ草地の主要草種の草丈の推移

(cm)

草 種 名	調査区	1976	'77	'78	'79	'80	'81年
シ ハ	放牧区	17	15	15	21	21	22
	禁牧区	欠	50	33	36	49	46
タ リ ス ク ラ ス	放牧区	37	21	21	21	21	25
	禁牧区	欠	109	82	53	103	77
ケンタッキ-フル-クラス	放牧区	-	9	8	20	18	17
	禁牧区	欠	-	-	50	59	57
メ ヒ シ ハ	放牧区	44	23	15	17	19	21
	禁牧区	欠	47	-	-	-	-
チ か ャ	放牧区	-	16	27	41	25	19
	禁牧区	欠	70	66	70	76	113
イ チ コ ツ ナ キ	放牧区	-	-	-	-	-	-
	禁牧区	欠	67	45	63	61	70
オオアレチノギク	放牧区	3	13	55	44	6	40
	禁牧区	欠	167	102	77	120	60

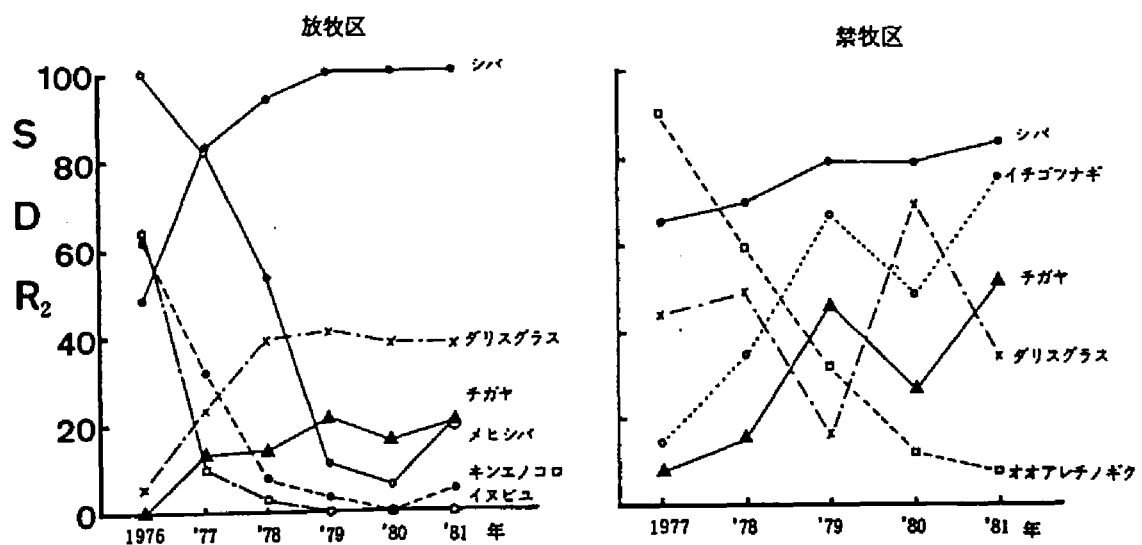


第24図 シバ草地の被度階級ごとの草種数割合
 注) 放牧区は1976~1981年、禁牧区は1977~1981年の階級ごとの分布割合の平均値を示した。

第20表 シバ草地の主要草種の被度の推移

(%)

草 種 名	調査区	1976	'77	'78	'79	'80	'81年
シバ	放牧区	32	83	93	97	97	94
	禁牧区	欠	95	93	77	93	99
タリスグラス	放牧区	0	2	4	6	3	4
	禁牧区	欠	19	24	2	28	6
キンエノコロ	放牧区	31	3	0	0	-	0
	禁牧区	欠	-	-	-	-	-
メヒシバ	放牧区	67	47	9	1	1	5
	禁牧区	欠	8	-	-	-	-
イチゴツナギ	放牧区	-	-	-	-	-	-
	禁牧区	欠	4	9	14	14	39
チガヤ	放牧区	-	1	0	1	1	1
	禁牧区	欠	1	2	5	3	14
イヌビユ	放牧区	17	0	0	-	-	-
	禁牧区	欠	-	-	-	-	-
オオアレチノギク	放牧区	0	0	1	0	0	0
	禁牧区	欠	67	5	2	1	0



第25図 シバ草地における主要草種の S D R₂ の推移

コロ31%、イヌビユ17%と、耕地雑草が非常に多かった。しかし、利用3年目の1978年になると、これらの草種の被度はいずれも10%以下となり、1981年には、メヒシバ5%、ダリスグラス4%、その他の草種の被度はすべて2%以下であった。

禁牧区におけるシバの被度は、利用2年目の1977年にはすでに95%あり、1979年にはやや低くなった以外は、いずれの年次も90%以上であった。シバの被度を放牧区と禁牧区で比較すると、1978年は禁牧区が10%余り高く、1979年は放牧区が20%高かった。禁牧区のシバ以外の草種では、1977年にシバに続いて被度の高かったオオアレチノギクは、翌年以降は非常に低く推移した。ダリスグラスの被度は2~28%の範囲にあり変動が大きかった。イチゴツナギは、放牧区では全く出現しなかったが、禁牧区では立ち枯れの状態で出現した。

(4) S D R₂

シバ草地における主要草種のS D R₂の推移を第25図に示した。放牧区のシバのS D R₂は、造成翌年の1976年には49で、順位は4位であったが、翌1977年には83で1位となった。1979年以降はシバのS D R₂が100となり、S D R₂が2位以下の草種との差も次第に広がりシバの優占草地となった。

放牧区におけるシバ以外の主要草種のS D R₂の推移をみると、造成当初の1976年には、メヒシバ、イヌビユ、キンエノコロが上位3位までを占めていたが、シバの優占度が高まるにつれて急速に減少し、1979年以降にはメヒシバは6~20の範囲に、イヌビユは出現せず、キンエノコロは0~8の範囲であった。これらの草種が減少するに連れ、ダリアグラス、チガヤなどが増加の傾向を示した。

禁牧区のシバのS D R₂は、造成2年後の1977年には65で順位は2位であったが漸増し、翌1978年以降は1位となった。しかし、シバのS D R₂を放牧区と比較すると、各年次とも放牧区より禁牧区が低かった。また、シバのS D R₂が1位となった1978年以降の2位の草種との差は放牧区に比べかなり小さく、禁牧区ではシバが優

占しているものの、その程度は放牧区に比べ低かった。

禁牧区の他の草種では、イチゴツナギ、オオアレチノギクなどに、放牧区と大きく異なる特徴がみられた。イチゴツナギは、被度の項で述べたように、放牧区では全く出現しなかったが、禁牧区では年々増加し、1979年以降は2～3位を占めた。オオアレチノギクは1977年にはSDR₂が90で1位を占め、放牧区の11位に比べ非常に高かった。しかし、その後は年々減少した。

(5) 植被率、裸地率

シバ草地の主要な植生要素の年次変動を第21表に示した。植被率は両調査区とも造成当初からほぼ100%近くあり、ほとんど変動はみられなかった。裸地率は、移動区では、造成翌年の1976年には67%と非常に高かったが、急速に減少して1981年には1%以下になった。禁牧区も1977年には25%あったが、放牧区と同様に減少傾向を示した。また、同年の放牧区の裸地率に比べやや高い傾向にあった。

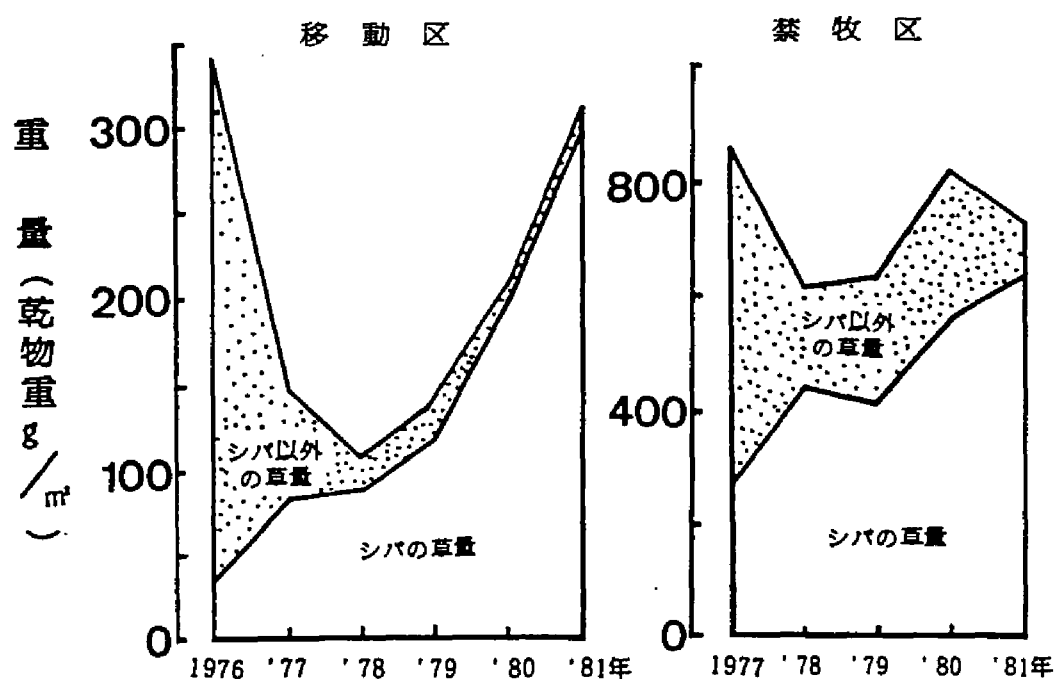
(6) 地上部重量及びリター重量

シバ草地の地上部重量の推移を第26図に示した。移動区では1976年に1㎡当たり乾物重量340gと多かったが、翌1977年には半分以下の150gに減少し、1978年にはさらに減少した。しかし、1979年以降は増加に転じ、1981年には再び300g以上に達した。シバの草量は年々増加し、1981年には300gになった。一方、シバ以外の草量は、1976年には300gと多かったが急速に減少した。したがって、現存量中に占めるシバの割合は、1976年の11%から翌年には60%近くに達し、1978年以降は80%以上、1980年以降は90%以上となった。

禁牧区の地上部重量は1㎡当たり610～870gの範囲にあり、同年の放牧区の2～6倍に達した。しかし、年次による変動の程度は放牧区に比べて小さかった。シバの草量は、年々増加の傾向を示し、1977年の250gから1981年には640gに達した。また同年の放牧区のシバの草量に比べ、2～5倍程度であった。シバ以外の草量は、1977年には610gであったが、翌1978年以降は90～250gの範囲にあった。また、同年の移動区のシバ以外の草量に比べると、7～33倍に達した。

第21表 シバ草地の主要な植生要素の年次変動

調査項目	調査区	1976	'77	'78	'79	'80	'81年
植 被 率 (%)	放牧区	98	98	98	100	100	100
	禁牧区	欠	100	100	100	100	100
裸 地 率 (%)	移動区	67	6	5	3	3	1
	禁牧区	欠	25	8	18	6	1
リター重量 (乾物重g/m ²)	移動区	10	11	5	11	18	22
	禁牧区	欠	18	14	30	19	37



第26図 シバ草地の地上部重量の推移

リター重量（第21表）は、両区とも年次の経過とともに増加する傾向を示した。また、同年の放牧区と禁牧区を比べると、後者がやや多い傾向を示した。

3 草種の生産量

1978～1981年の4年間実施したシバ草地の生産量の放牧回次ごとの調査結果を第22表に示した。輪換放牧を年間7～8回行なった結果、シバの被度は、各年次、放牧回次ともに90%以上あり、安定していた。シバ以外の草種の被度は、各年次とも4月下旬から5月中旬の春の第1回次が高く、それ以降は減少の傾向を示した。

シバ草地の総生産量は、10a当たり乾物重で平均867kgであった。そのうちシバの生産量は、1978年には567kgであったが、次第に増加し1980年以降は700kg以上に達し、4年間の平均は681kgであった。一方、シバ以外の草種の生産量は、前半2年間は、200kg余りあったが、以後減少して1981年には150kgとなった。したがって、シバの生産量の全生産量に占める割合は、1978年の73%から次第に増加し、1981年には83%に達した。また、各年次とも春にはシバ以外の草量が比較的多かった。

シバ草地の季節生産性を明らかにするため、第22表の結果からシバの1日当たりの生産量を算出し、月別の生産量として第23表に示した。当試験地におけるシバの出葉時期や草丈、平均気温と生育との関係¹¹⁰⁾を考慮すると、シバの草丈が4cm前後に達するのは4月中旬と判断されるため、シバの生産量の起算日を4月15日と設定し、掃除刈りの遅れた1978年のみ4月18日より起算を行なった。また、最終放牧回次の終牧をもってシバの生育も終了したものとみなした。

4か年の平均生産量は、5月に10a当たり乾物重量で154kgあって最も多く、6月にはやや少なく113kg、7月には5月に次いで多く135kgであった。しかし、8月にはその約1/2の72kgと少なく、9月にはやや回復するものの、10月、11月には急速に減少した。

4 考察

第22表 シバ草地の放牧回次ごとの植生

年次	回次	調査月日	被 度		生 産 量	
			シバ	その他	シバ	その他
			— % —		— 乾物重kg/10a —	
1978	1	5.15	91	58	72	95
	2	6.12	94	28	72	29
	3	6.29	96	24	68	15
	4	7.31	95	30	119	26
	5	8.28	96	17	40	18
	6	10. 9	96	12	120	20
	7	11.17	97	16	76	7
計 (平均)			(95)	(26)	567	210
'79	1	5. 1	94	23	99	64
	2	5.21	96	24	133	32
	3	6.15	97	14	70	11
	4	7.11	96	16	95	38
	5	7.28	96	14	111	13
	6	8.31	97	17	60	23
	7	10. 1	97	19	77	24
	8	10.22	96	12	32	8
計 (平均)			(96)	(17)	677	213
'80	1	4.28	91	37	47	57
	2	6. 9	96	23	265	44
	3	7. 7	94	16	136	25
	4	8.11	95	19	158	24
	5	9. 3	96	10	21	8
	6	10. 4	91	12	92	11
	7	11. 4	97	10	33	3
計 (平均)			(94)	(18)	752	172
'81	1	5. 6	93	45	104	98
	2	5.25	98	18	130	19
	3	6.17	96	13	53	8
	4	7.20	98	15	141	6
	5	8.14	99	8	94	7
	6	9.21	98	8	143	9
	7	10.28	98	16	62	3
計 (平均)			(97)	(18)	727	150

第23表 シバの月別生産量

(乾物重kg/10a)

年次	4	5	6	7	8	9	10	11月	計
1978	33	80	102	115	49	86	69	33	567
'79	93	166	97	157	55	74	35	0	677
'80	60	195	159	142	68	83	41	4	752
'81	75	173	95	127	116	94	47	0	727
平均	65	154	113	135	72	84	48	9	681

第24表 生産量調査中の気象

気象要素	年次	4	5	6	7	8	9	10	11月
平均気温 (℃)	1978	12.8	17.7	22.1	26.8	27.1	23.4	16.1	11.3
	'79	12.3	16.9	22.6	24.7	26.8	22.8	17.7	11.2
	'80	11.8	17.3	21.9	24.0	24.1	22.1	16.4	11.3
	'81	12.5	16.6	21.7	26.3	25.2	21.2	16.0	9.6
降水量 (mm)	1978	50	41	198	32	33	138	77	44
	'79	83	38	259	66	69	168	116	144
	'80	77	214	126	268	210	94	170	38
	'81	93	118	190	117	63	40	118	83
0.5mm以上の 降水日数 (日)	1978	9	7	14	5	7	8	9	6
	'79	12	7	10	12	4	11	2	12
	'80	9	9	15	16	22	14	13	5
	'81	15	8	14	14	10	7	11	11
日照時間 (時間)	1978	255	271	251	342	323	227	248	157
	'79	228	265	220	264	288	202	225	125
	'80	234	272	221	232	178	176	197	176
	'81	237	277	198	294	275	214	176	155

注) 観測場所：四国農業試験場土地利用部。

シバは放牧圧によく耐え、草丈が低く密な草地を作る^{24, 54, 157)}。本節におけるシバ草地においてもその特徴は顕著に現われている。放牧区の草丈階級ごとの草種数割合では草丈11~20cmの階級の割合が最も多く、次いで1~10cmの階級が多く、10cm以下の階級に全体の88%の草種が集中した。同区の被度についても1%未満の草種が圧倒的に多く、全体の83%を占めた。

シバ草地の成立過程についてみると、造成当初はシバの被度が低く、メヒシバ等の耕地雑草が繁茂した。これは、耕起した土地に切りシバを植え付けたため裸地が多く、すでに地中に存在していた耕地雑草の種子が多数発芽したことによると考えられる。しかし、猶原⁸²⁾も述べているように、シバの増殖能力は非常に高く、年々、シバの被度や密度が高まった。シバの密度が高まるにつれてこれらの耕地雑草は発芽や生育が抑圧され、急速に減少した。両区とも1回だけ出現した草種が多かったことにみられるように、シバ草地に侵入したり土壌中にすでに存在した種子も、シバの密度が高いと発芽しにくく、発芽した場合でも、繰り返し行われる強度の踏圧や採食を受けたために、定着が困難であったためと推測される。それにかわって、チガヤ、スズメノヒエ、ケンタッキーブルーグラスなど、永年生で高い放牧圧に比較的強い草種が、被度、SDR₂、草量などはあまり大きくないが、シバと共存する形で徐々に増加してきた。また、ダリスグラスも草丈が比較的低い状態で被度やSDR₂が増加してきた。これらの草種は永年草で、高い放牧圧にも比較的強いためであろう。また、ダリスグラスは、草丈の低い状態で安定推移していた。これは、当草種が禁牧条件下で草丈100cm以上に達し叢状を呈するが、強度の放牧圧に対してもなり適応力が強いと推察される。

さらに、このような急速なシバ草地化は、造成当初2年間における年間5回程度の全面掃除刈りの実施や、1978年以降の年間ha当たり900頭以上の高い放牧圧によって推進されたと考えられる。

春から夏まで禁牧を行なうと、草丈階級で最も多いのは41~50cm

の階級で、草丈31cm以上の階級には全体の85%の草種が含まれた。被度についても、1~5%及び5~25%の2階級に放牧区に比べて多くの草種が分布し、放牧区とは様相が異なった。

禁牧区のシバの草丈は同年の放牧区に比べ1.7~3.3倍（平均2.3倍）の高さであった。しかし、被度については年次によって傾向が異なった。すなわち、1978年は禁牧区が10%余り高く、また、1979年は放牧区が20%高かったが、それ以外の年次は差が小さかった。これは、1978年が造成2年後でシバの被度が80%程度であり、禁牧によって被度が増加する余地があったが、1979年以降は放牧区のシバの被度が90%以上あり、禁牧によって増加する余地が少なかったためであろう。シバ以外の草種の放牧区と禁牧区の草丈を比較すると、いずれも禁牧区が高く、禁牧による増加程度は、ダリスグラスが平均3.9倍、チガヤが3.5倍、オオアレチノギクが7.6倍と、シバの増加割合を大きく上回った。

禁牧区に出現したシバ以外の草種では、1977年にシバに続いて被度の高かったオオアレチノギクは、翌年以後は非常に低く推移した。ダリスグラスの被度は2~28%の範囲で変動が大きかったが、これはシバのように密度が高く均一な分布をする草種に比べ、密度が低く株が点在する傾向にあり、分布の不均一なことが一因となっているものと思われる。イチゴツナギは、放牧区では全く出現しなかったが、禁牧区では立ち枯れの状態で出現した。イチゴツナギは3~5月に繁茂し、5、6月頃から地上部が枯死する。これは放牧区では踏みつけられリターとなるが、禁牧区ではそのまま残っていたためである。

このように、シバは禁牧によって草丈がかなり高くなり、増加する余地のある場合には被度も増加するが、シバよりも草丈や被度の増加割合がシバを上回る草種が多く存在することが明らかになり、これが禁牧によってシバ草地が衰退する最大の要因と考えられる。また、裸地率をみると、禁牧区が同年の放牧区に比べやや高い傾向にあった。これは、禁牧によって葉量が増加して相互遮蔽が生じ、

佐藤ら¹²³⁾も明らかにしているように、光に対する個体間の競争が激しくなり、弱小個体が枯死し密度が低下したためと推測される。

細山田ら³⁴⁾は、放牧の中止される前後のシバ草地の植生を調査し、放牧が中止されると比較的短期間に植生が遷移し、ススキやかん木類が優占することを明らかにしている。本節の場合は禁牧期間が放牧開始時から調査時までの4か月程度と比較的短く、毎年ケージの位置を移動したため、極端なシバの衰退はみられなかったが、シバ草地に対する禁牧あるいは放牧圧の低下がシバ草地の衰退につながる危険性の大きいことが示唆された。

シバ草地の生産量について論じた報告は数多くあり^{24, 40, 54, 57, 72, 73, 82, 100, 139, 140)}、施肥条件や刈り取り回次などによって生産量が異なることが示されている。井上ら⁴⁰⁾は、青森県下のシバ草地において、草地を植生の状態によってgood conditionとpoor conditionに層別し、施肥及び刈り取り回数と生産量の関連を検討している。それによると、両conditionの生産量の差は大きく、また施肥によってgood conditionでは生産量が約5倍に増加した。また、平吉ら²⁴⁾、小原¹⁰⁰⁾もシバ草地への施肥の効果が大きいことを認めている。一方、シバ草地の生産量と刈り取り回数の関係についてみると、猶原⁸²⁾は、刈り取り間隔1週間、2週間、3週間、5週間の4区を設けて刈り取り試験を行なった結果、刈り取り間隔が短いほど生産量が多い結果を得ている。しかし、井上ら⁴⁰⁾の報告では、年間の刈り取り回数を1、2、4、7回の4区を設けた結果、good conditionでは施肥の有無にかかわらず4回刈りが最も多かったことが示されている。また、庄司¹⁴⁰⁾によると、刈り取り回数が年間4回(草丈約7.8cmになるたびに刈り取り)の場合の収量が最も多く、5回(4週間隔の刈り取り)、6回(3週間隔の刈り取り)の順に減少しており、草地の状態によって、刈り取り回数と生産量の関係が異なることが示唆されている。

本節のシバ草地の生産量は、これらの諸報告の中ではかなり高い部類に属している。これは、当草地が既耕地へのシバの移植によっ

て造成されたため、シバの根が容易に伸長できる有効土層が他のシバ草地に比べて深かったと推察されること、シバの被度が90%以上あって非常によい状態であったこと、施肥水準がかなり高かったこと、温暖地に位置するためシバの生育期間が前述のように長かったことなどにもよるものと考えられる。また、刈り取り回数は年7~8回と多かったが、前述のように、草地の状態によって刈り取り回数と生産量の関係の異なることが示唆されており、当草地にとって最適の刈り取り回数であったかどうかは今後検討する必要がある。しかし、当草地は輪換放牧で利用し、放牧回次ごとに刈り取りを行なったため、実際の当草地の生産に近い値が得られたものと思われる。

シバの季節生産性は、5月から7月に多く、8月には減少するが、9月にはやや回復した。庄司¹³⁹⁾は、シバの成長様式について、成長期の前半に生殖成長期をもつ点では北方型外来草に類似するが、夏季の高温条件下で旺盛に成長する点ではススキに類似する独特なものと述べ、6月から9月中旬まで3週間で刈り取った結果、8月中旬の3回目の刈り取り時にシバの乾物重の最大値を得ている。また、Youngner¹⁵⁹⁾は、5段階の日長(8, 10, 12, 14, 16時間)と3段階の温度(15, 21, 27℃)条件下でシバの生長を調査し、日長14時間、温度27℃で地上部及び根の乾物重の最大値を得たことを報告している。しかし、著者らの調査結果は、前述のように5~7月に多く、8月にはそのおよそ1/2に低下する季節生産性を示し、上記の結果とは傾向を異にした。これは、奈良公園のシバの調査を行なった宮崎ら⁷³⁾も報告しているように、夏季に著しく乾燥した日が続くことによって、シバに夏枯れが生じたことが主な要因と推察される。すなわち、1978年及び1979年の8月の生産量が著しく少ないのは、8月の降水量が例年の1/2~1/3程度と少なく、しかも、両年とも7月から8月にかけて約20日間連続して全く雨が降らなかったため、シバの夏枯れが顕著にあらわれたものであろう。1980年は夏季に降水量が多かったにもかかわらず生産量が少なかったが、これは夏枯れが原因ではなく、日照不足によるものと思われる。す

なわち、第24表によれば同年7月及び8月の0.5mm以上の降水日数が16日と22日であり、8月は特に多く、そのため日照時間が178時間と極度に少なく、シバの生育が悪かったものと考えられる。1981年の8月は、降水量が例年より少なかったにもかかわらずシバの生産量が他の年の2倍程度と多かったのは、適度な間隔で降雨があったため、強度の夏枯れには至らなかったことによるものと推測される。また、6月に生産量の低下がみられるのは、梅雨期のために降水日数が多く、日照時間や日射量が少なくなり、シバの成長が鈍化するためであろう。

以上のように、本試験に用いたシバ草地のシバの季節生産性は、5～7月が高く、8月に急減し、9月にやや回復後次第に低下する傾向を示したが、地域や年次によって、気温、降水量、日射時間や日射量などの影響を受けて、その季節生産性はかなり変動を示すものと推測される。

つぎに、シバ草地を安定して維持するための放牧強度について考察する。高知県下の牧場においてシバ草地が良好な状態な時期の放牧頭数について、細山田ら³⁴⁾はシバ生育期間中にha当たり約450頭、河野ら⁵⁰⁾は約700頭と報じており、本試験の1000頭より少ない。また、移植によって造成され、肉用牛が放牧飼養されている高知県畜産試験場のシバ草地の牧養力は、約600CDとされている⁵⁷⁾。この場合、本試験では輪換放牧が、それ以外は連続放牧が行なわれていた。繰り返される採食や踏みつけに強い抵抗性を有するシバにとっては連続放牧が有利であり、その場合には輪換放牧より低い放牧強度でも、シバ草地の維持が可能と判断される。さらに、河野ら⁵⁰⁾も指摘しているように、放牧強度が過度に強くなると裸地化の危険性もある。また、放牧方法とともに、気温、降水量、土壌などの自然条件や施肥量などにも影響されるため、それらを総合的にとらえる必要がある。

シバの特性について、河野ら⁵⁰⁾は同一牧区内の傾斜度の異なる斜面のシバの生育状況を調査している。この場合、シバは緩傾斜地

では他の牧草とよく混生しているが、傾斜がきつくなるほどシバの被度が高まるとしており、急傾斜草地でのシバの活用が期待される。

第2節 バミューダグラス草地の植生と牧養力

1 目的

バミューダグラスは暖地型牧草の1種であり、シバと同様に短草型草地を形成する^{71, 82)}。しかし、暖地型牧草であるため第3章で述べたように生育期間が短いなどシバとは生育様相が異なり、利用管理法も当然異なるものとなる。そこで、バミューダグラス草地を造成し、輪換放牧条件下での牧養力や植生の推移をシバ草地と比較した。

2 材料と方法

1) 調査地の概要

(1) 位置、地形及び土壌

第1節のシバ草地に隣接しており、地形、土壌も同一である。

(2) 造成と利用管理

既耕地約11aに1973年6月、バミューダグラス (*Cynodon dactylon*) Tifway (Tifton 419) の切片 (8×8cm) を、1m×1mの千鳥に移植して造成し1974年より放牧を開始した。移植時には施肥せず、活着後、年内に2回の全面掃除刈りを行った。

1974年から1981年までの年間施肥量は第25表に示したとおりで、10a当たりの成分量で年間平均N 14.8kg、P₂O₅ 5.4kg、K₂O 14.6kgを、年3~4回に分けて化成肥料で施用した。1974年は活着後の生育をよくするため、かなり多量に施用した。

春の管理放牧及びバミューダグラス生育期間中の放牧は、シバ草地とほぼ同様の方法で行なった。

草地の全面掃除刈りは1974年から1977年までは、輪換放牧の各回

第25表 バミューダグラス草地への年間施肥量 (成分kg/10a)

年次	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1974	22.0	15.6	22.0
'75	12.4	8.6	12.4
'76	16.1	5.0	16.1
'77	14.0	4.8	14.0
'78	14.2	2.4	14.2
'79	14.7	2.5	14.7
'80	13.5	2.4	13.5
'81	11.4	1.9	10.2
平均	14.8	5.4	14.6

第26表 バミューダグラス草地の牧養力

年次	放牧開始時期	終牧時期	輪換回数	放牧延頭数
年	月. 日	月. 日	回/牧区	頭/ha
1974	6. 5	11. 6	4	560
'75	6.10	9.29	4	607
'76	5.28	11. 4	6	724
'77	4.30	11.14	6	700
'78	5.15	11. 9	6	1237
'79	5. 1	10.12	7	1059
'80	5. 9	11. 4	7	1054
'81	5. 2	10.16	6	1040

注) 春の管理放牧は放牧延頭数から省いた。

次の終了時を目途に年間4～5回実施し、1978年、1979年はシバ草地と同様年2回にとどめ、1980年、1981年には全く行わなかった。

2) 調査項目

(1) 放牧延頭数

シバ草地に準じた。

(2) 植生の年次変動

① 調査期間と調査時期

調査期間は1974～1981年の8か年間である。調査時期は1976年は7月下旬に、それ以外の年は8月中・下旬に毎年1回実施した。なお、動態調査の直前の退牧日から調査までの日数は1978～1980年の3か年は退牧後0～4日、それ以外の年は2週間以上経過していた。

② コドラートの設置

定置コドラート20ヶ、移動コドラート6ヶ及びケージ6ヶを設置した。なお、移動コドラートは定置コドラートから2m以上隔たった地点に年次を追って順次設置した。区の呼称はシバ草地に準じた。

(3) 植生調査及び地上部重量・リター重量調査

シバ草地に準じた。

3) 草地の生産量

シバ草地に準じた。

3 結果

1) 草地の牧養力

バミューダグラス草地の牧養力を第26表に示した。放牧開始時期は、1974～1976年は5月下旬から6月上旬とやや遅かったが、1977年以降は4月下旬から5月上旬に開始した。終牧時期は9月下旬から11月上旬まで年次により異なった。

1974～1977年は成牛あるいは育成牛4～8頭を、1978年以降は成牛2頭をそれぞれ1群とし、年間4～7回の輪換放牧を行なった。放牧期間中のha当たりの放牧延頭数は、1974～1977年までは560～724頭

であり、造成翌年から1976年までは徐々に増加した。1978年以降は、1040～1237頭（平均1098頭）の放牧が可能で、高い牧養力を示した。

2) 植生の年次変動

(1) 出現草種とその出現回数

バミューダグラス草地の出現草種とその出現回数を第27表に示した。調査期間中に出現した草種数は、放牧区16科41種、禁牧区12科36種と前者がやや多く、両者合わせて8科53種であった。このうち両区に共通して出現した草種は10科24種、放牧区のみ出現したのは9科17種、禁牧区のみ出現したのは4科12種であった。

草種ごとの出現回数をみると、放牧区では8回連続して出現した草種が5種、7回出現した草種が3種あった。また、1回のみ出現した草種は17種あり、放牧区の出現草種数の40%余りを占めた。一方禁牧区では、8回または7回出現した草種が各々3種ずつであったが、1回のみ出現した草種は15種と多く、放牧区と同様、禁牧区の出現草種数の40%以上を占めた。

年次別の出現草種数を第28表に示した。放牧区においては9～26種の範囲にあり、年とともに増加する傾向にあった。また、禁牧区では8～18種の範囲にあり、年次により増減はあるものの、全体としては増加傾向にあった。

(2) 草丈

シバ草地と同様に草丈を10cmずつの階級に分け、階級ごとの草種数割合の推移を第29表に示した。放牧区では、草丈11～20cmの階級に平均46%の草種が分布して最も多く、次いで21～30cm、1～10cmの階級の順であった。そして、草丈30cm以下の階級に全体の92%の草種が集中し、シバ草地と同様の分布傾向を示した。放牧区で草丈が31cm以上になった草種数は、年次により0～3種と少なく、草丈が41cm以上になったのは、ダリスグラス、ラブグラス及びオオアレチノギクの3草種にすぎなかった。

禁牧区では、草丈21～30cm、31～40cm、41～50cmの3階級が平均

第27表 バミューダグラス草地の出現草種と出現回数

科	草 種 名	放	禁	科	草 種 名	放	禁
イネ科	ハミュータケラス	8	8	アヤメ科	ニワセキショウ	2	-
"	ハヒアケラス	6	4	ナデシコ科	ウシハコベ	2	1
"	タリスケラス	8	7	スミレ科	スミレ	1	-
"	ラフケラス	1	-	アブラナ科	イヌカラス	1	-
"	ケンタッキブルケラス	3	4	カタハミ科	カタハミ	8	7
"	イタリアンライケラス	2	-	トウダイクサ科	コニシキソウ	1	-
"	ヘレニアライケラス	-	1	マメ科	シロクロハ	7	6
"	トルフェスク	4	2	"	アカクロハ	1	-
"	レスケケラス	1	-	"	ヤハスソウ	1	-
"	キンエノコロ	8	7	ヒユ科	イヌヒユ	6	1
"	エノコログサ	3	2	タデ科	イヌタデ	5	2
"	イヌヒエ	1	-	"	キシキシ	2	-
"	アキメヒシハ	-	1	"	エソノキシキシ	1	-
"	メヒシハ	8	8	"	スイハ	2	-
"	コブナグサ	-	1	キク科	ヒメジョオン	2	2
"	イチゴツナギ	1	4	"	ヨモギ	-	2
"	オヒシハ	5	2	"	オオアレチノギク	7	8
"	イヌムギ	1	1	"	ホウキギク	1	2
"	ヒメコハソウ	-	1	"	タビラコ	-	1
"	スズメノヒエ	5	2	"	ヤマシロギク	-	1
"	シラケカヤ	1	-	ヒルカオ科	コヒルカオ	7	-
"	ヌカホ	1	-	カカイモ科	カカイモ	-	4
"	チゴササ	-	1	シソ科	トウハナ	1	1
"	ハルカヤ	-	1	コマナクサ科	イヌノフクリ	-	1
"	トシヨウツナギ	-	1	アカネ科	ヨツハムケラ	1	-
カタツクサ科	ヒメクク	4	5	キツネノマコ科	キツネノマコ	3	3
"	カタツリクサ	1	1				

注) 放は放牧区(1976~'81年), 禁は禁牧区(1977~'81年)の出現回数を示す。

第28表 バミューダグラス草地の年次別出現草種数

調査区	1974	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81年	全調査期間
放牧区	9	18	12	15	17	18	19	26	41
禁牧区	9	8	15	14	10	17	18	15	36

第29表 バミューダグラス草地の草丈階級ごとの草種数割合の推移

調査区 草丈階級	1974	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81年	平均
cm	% (種)								%
1~ 10	11(1)	22(4)	8(1)	40(6)	53(9)	6(1)	11(2)	12(3)	20
11~ 20	44(4)	39(7)	33(4)	33(5)	41(7)	83(15)	47(9)	42(11)	46
放牧区 21~ 30	33(3)	28(5)	42(5)	20(3)	6(1)	11(2)	32(6)	35(9)	26
31~ 40	-	-	8(1)	7(1)	-	-	5(1)	12(3)	4
41~ 50	-	6(1)	8(1)	-	-	-	-	-	2
51~ 60	-	-	-	-	-	-	5(1)	-	1
61~ 70	-	6(1)	-	-	-	-	-	-	1
71~ 80	11(1)	-	-	-	-	-	-	-	1
1~ 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11~ 20	-	-	-	-	10(1)	6(1)	6(1)	7(1)	4
21~ 30	11(1)	-	20(3)	-	40(4)	18(3)	28(5)	13(2)	16
31~ 40	22(2)	-	27(4)	29(4)	10(1)	12(2)	6(1)	33(5)	17
41~ 50	11(1)	25(2)	27(4)	21(3)	20(2)	12(2)	28(5)	-	18
51~ 60	-	25(2)	-	7(1)	-	18(3)	11(2)	13(2)	9
61~ 70	11(1)	13(1)	-	-	20(2)	12(2)	-	13(2)	9
禁牧区 71~ 80	33(3)	13(1)	-	7(1)	-	-	6(1)	7(1)	8
81~ 90	-	-	13(2)	-	-	6(1)	-	-	2
91~100	-	-	-	7(1)	-	-	-	7(1)	2
101~110	-	-	-	7(1)	-	12(2)	6(1)	-	3
111~120	11(1)	13(1)	7(1)	14(2)	-	6(1)	-	7(1)	7
121~130	-	-	-	7(1)	-	-	6(1)	-	2
131~140	-	-	-	-	-	-	-	-	-
141~150	-	13(1)	7(1)	-	-	-	6(1)	-	3

注) () 内は草種数を示す。

16～18%と多く、この3階級で全体の52%を占め、51cm以上の階級にも全体の45%の草種が分布した。禁牧区において草丈が100cm以上となった草種は、イネ科のダリスグラス、キク科のオオアレチノギクなど8草種であった。

バミューダグラス草地の主要草種の草丈の推移を第30表に示した。バミューダグラスの草丈は、放牧区では、7～19cmの範囲にあり、造成当初の3年間は次第に高くなる傾向にあったが、1977～1979年にはやや低くなって安定し、1980年以降は低下した。禁牧区においては21～51cmの範囲にあり、1975年が51cmと最も高く、その後は次第に低下の傾向にあった。また、同じ年の放牧区の草丈に比べると、1.6～3.3倍（平均2.5倍）の高さであった。バミューダグラス以外の主要草種の草丈をみると、ほとんどの場合禁牧区が放牧区を上回ったが、その増加程度はオオアレチノギクが平均7倍と非常に大きく、ダリスグラスも4倍あって、バミューダグラスを上回った。しかし、キンエノコロ、メヒシバ、シロクロバの増加割合は、バミューダグラスと同程度かやや低く、禁牧による草丈の増加割合は、草種によってかなり差があった。

（3）被度

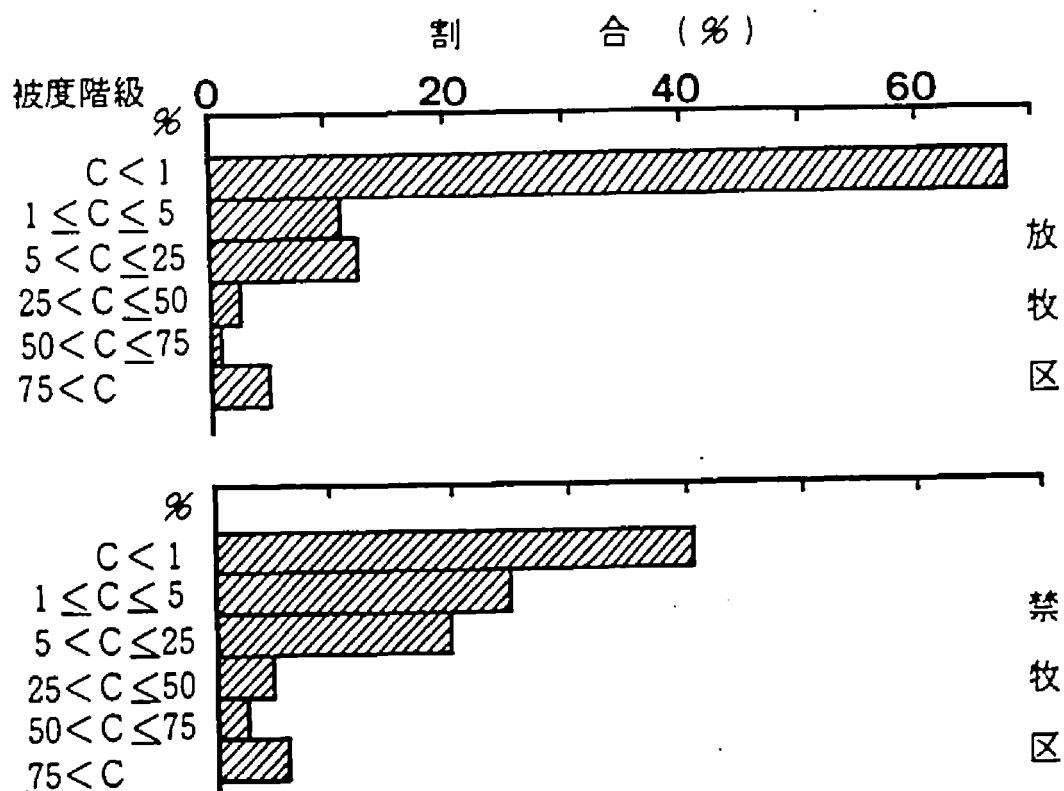
シバ草地と同様に被度を6階級にわけ、各階級ごとの草種数の割合の分布を第27図に示した。放牧区では、全体の68%の草種が被度1%未満の階級に集中し、1～5%の階級に11%、5～25%の階級に13%の草種が分布した。禁牧区では、被度1%未満の草種が40%あり最も多かったが、被度1～5%及び5～25%の階級もそれぞれ25%及び20%あって、放牧区よりかなり高い分布割合を示した。

バミューダグラス草地における主要草種の被度の推移を第31表に示した。放牧区のバミューダグラスの被度は、移植翌年の1974年夏にはすでに86%に達し、1975、1976年は99%以上になった。しかし、1977年以降徐々に減少しはじめ、1980年には42%、1981年には16%と急減した。他の草種の被度の推移についてみると、1974年にはメ

第30表 バミューダグラス草地の主要草種の草丈の推移

(cm)

草 種 名	調査区	1974	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81年
ハミューダグラス	放牧区	11	17	19	13	14	16	13	7
	禁牧区	34	51	38	41	29	31	21	23
タリスグラス	放牧区	71	63	45	25	19	19	28	36
	禁牧区	115	-	150	115	67	85	105	120
キンイノコロ	放牧区	22	23	21	17	10	17	26	27
	禁牧区	68	50	49	-	24	70	23	70
メヒシハ	放牧区	30	29	26	22	11	16	26	31
	禁牧区	73	80	39	35	19	20	25	53
シロクロハ	放牧区	-	14	21	11	11	15	17	14
	禁牧区	-	-	42	32	24	28	34	26
オアレチノキ	放牧区	-	12	13	6	24	21	54	29
	禁牧区	75	112	119	127	68	113	143	78

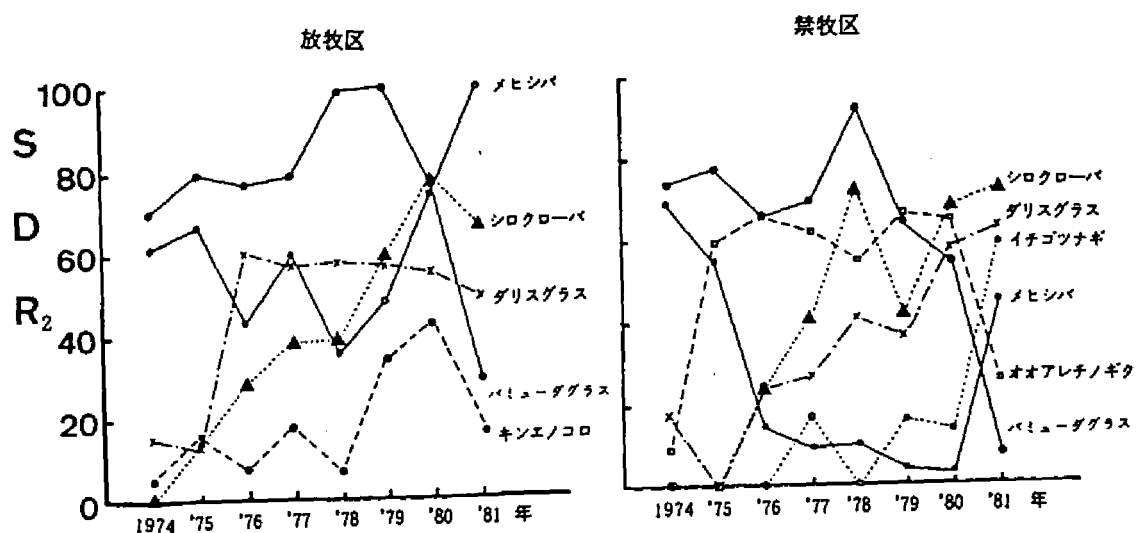


第27図 バミューダグラス草地の被度階級ごとの草種数割合
 注) 1974~1981年の階級ごとの分布割合の平均値を示した。

第31表 バミューダグラス草地の主要草種の被度の推移

(%)

草 種 名	調査区	1974	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81年
ハミューダグラス	放牧区	86	99	100	94	90	84	42	16
	禁牧区	98	100	90	85	78	79	48	1
ダリスグラス	放牧区	1	0	12	11	8	8	5	10
	禁牧区	6	-	2	15	11	16	22	6
キンエノコロ	放牧区	0	1	0	1	0	3	3	3
	禁牧区	2	1	0	-	0	3	0	1
メヒシバ	放牧区	11	22	6	8	3	3	16	52
	禁牧区	31	33	1	0	0	1	0	14
シロクローバ	放牧区	-	1	7	15	7	14	35	42
	禁牧区	-	-	16	39	63	39	59	59
オオアレチノギク	放牧区	-	0	0	0	0	0	1	0
	禁牧区	1	15	18	15	4	20	13	2



第28図 バミューダグラス草地における主要草種の S D R₂ の推移

ヒシバが11%あった以外はすべて1%未満であったが、年とともにシロクローバ、メヒシバ等が増加した。ダリスグラスの被度は造成当初の2年間は1%以下であったが、1976年以降は5~12%の範囲で経過し安定していた。

禁牧区のパミューダグラスの被度は、造成翌年の1974年には98%に達し、翌年には100%となったが、1976年からは減少の傾向を示し、1980年以降は放牧区と同様急減した。禁牧区のパミューダグラスの被度を放牧区と比較すると、造成当初の1974年には禁牧区が10%余り高かった。しかし、翌1975年にはほとんど差がなくなり、1976~1979年には放牧区が5~11%高かった。しかし、1980年には再び禁牧区のパミューダグラスの被度が放牧区のそれをやや上回った。しかし、1981年は、放牧区が16%に対し、禁牧区は1%にすぎなかった。

禁牧区の他の草種の被度の推移をみると、1975年まで出現しなかったシロクローバの増加が最も著しく、1976年から1978年まで直線的に増加し1980~1981年には60%近くに達した。放牧区と比較すると、1976年以降いずれの年次も、禁牧区が9~56%の範囲で放牧区を大きく上回った。メヒシバは、造成当初の2年間が多く、その後減少し、1981年には再び増加し、放牧区とほぼ同様の傾向を示した。また、放牧区と比較すると、造成当初は禁牧区の被度が高かったが、1976年以降は放牧区の被度の方が高かった。

(4) S D R₂

パミューダグラス草地の主要草種のS D R₂の推移を第28図に示した。放牧区のパミューダグラスのS D R₂は、1974~1977年の4年間は70~80の範囲にありほぼ安定していたが、1978及び1979年にはそれぞれ99及び100に増加した。しかし、1980年以降は、パミューダグラスのS D R₂は急速に低下した。放牧区の他の草種では、シロクローバは1975年以降に出現して急速に増加し、1980年には1位となった。しかし、翌1981年にはやや減少して2位であった。メヒ

シバは、造成当初の1974年及び1975年にはSDR₂が高く、その後やや低下したが、1979年から再び増加に転じ、1980年には3位、翌年には1位となった。ダリスグラスは、造成直後から1976年まで増加し、それ以降は49～58の範囲で安定して推移した。キンエノコロは、バミューダグラスが衰退し、裸地が増加しはじめた1979、1980年に多かったが、1981年には急減した。

禁牧区のバミューダグラスのSDR₂は、1974～1977年は、66～77の範囲で安定しており、翌年にはかなり増加したが、その後は急速に減少した。放牧区のSDR₂と比較すると、造成翌年の1974年以外は放牧区が高く、バミューダグラスの衰退が顕著となるにつれて、その差が大きくなった。禁牧区の他の草種についてみると、シロクローバは1976年以降に出現し、1978年まで急速に増加して2位となり、1979年には一時低下したが、1980と1981年は1位であった。メヒシバは、造成当初の2年間と1981年が高かったが、造成当初以外は放牧区の値より低かった。オオアレチノギクは1975～1980年の間は1～3位にあり、その値も放牧区に比べ非常に高かった。イチゴツナギは、放牧区にはほとんど出現しなかったが、禁牧区では1977年から出現して次第に増加し、1981年には3位となった。

(5) 植被率、裸地率

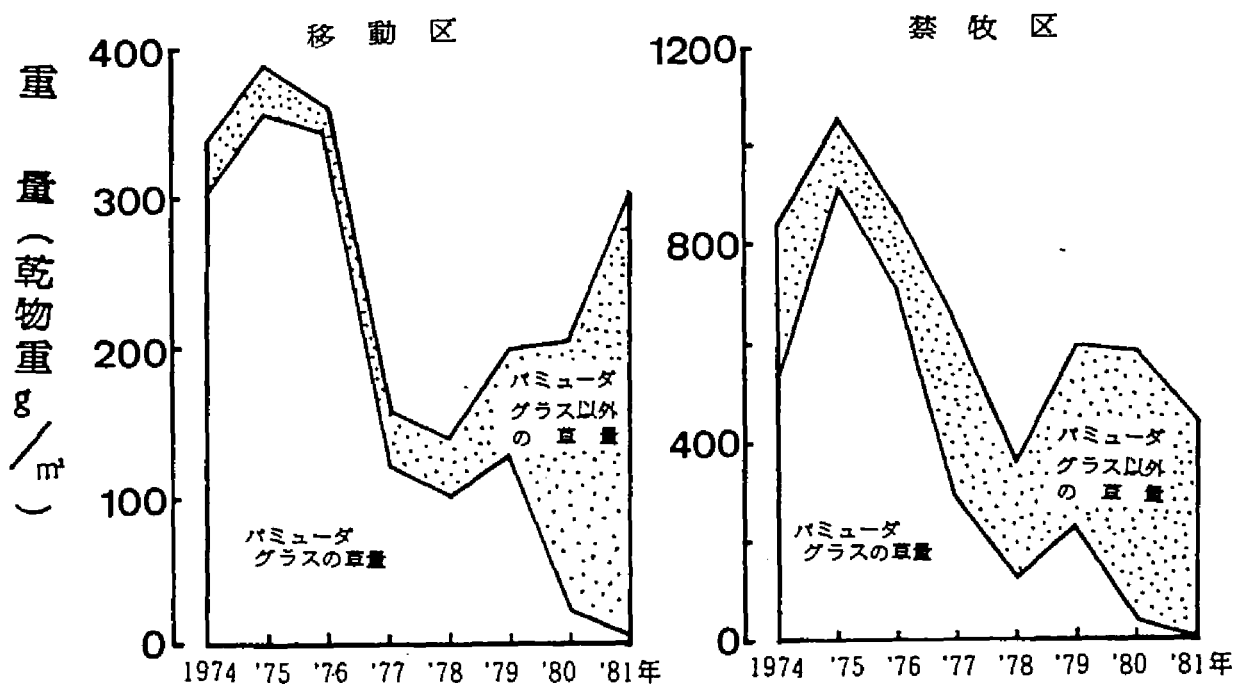
バミューダグラス草地の主要な植生要素の年次変動を第32表に示した。放牧区の植被率は、造成翌年の1974年にはやや低かったが、翌1975～1978年には100%近くあり、1979～1980年には一時低下し、1981年には再び増加した。一方、禁牧区の植被率は8年間とも100%であった。

移動区の裸地率は、造成翌年の1974年には21%と高く、翌1975～1979年には2～5%と低かったが、1980年以降には再び増加した。禁牧区の裸地率は、放牧区とほぼ同様の傾向を示した。また、放牧区の裸地率を上回ることが多かった。

(6) 地上部重量及びリター重量

第32表 バミューダグラス草地の主要な植生要素の年次変動

調査項目	調査区	1974	'75	76	'77	'78	'79	'80	'81年
植 被 率 (%)	放牧区	95	100	100	98	98	96	94	97
	禁牧区	100	100	100	100	100	100	100	100
裸 地 率 (%)	移動区	21	5	2	5	4	5	9	29
	禁牧区	14	6	3	10	5	6	21	29
リター重量 (乾物重g/m ²)	移動区	0	9	11	9	12	14	15	10
	禁牧区	0	8	12	16	31	22	19	39



第29図 バミューダグラス草地の地上部重量の推移

バミューダグラス草地の地上部重量の推移を第29図に示した。移動区の地上部重量は、造成翌年の1974年から1976年までは1㎡当たり乾物重で303～391gあったが、1977年には約1/2に減少し、翌年にはさらに減少した。しかし、1979年からは逆に増加の傾向に転じ、1981年には305gとなった。また、地上部重量中のバミューダグラスの草量は、造成翌年から3年間は296～361gと多かったが、1977～1979年の3年間は102～129gと急減し、1980年以降はさらに大幅に減少した。バミューダグラス以外の草量は、造成翌年から1978年までは非常に少なかったが、1979年からは急速に増加傾向に転じ、1981年には298gに達した。したがって、地上部重量中のバミューダグラスの割合は、造成当初の3年間は90～95%と高く、次の3年間は64～77%とやや低くなり、最後の2年間は11%から2%にまで減少し、完全に衰退した。

禁牧区の地上部重量は、造成当初の3年間は1㎡当たり829～1049gあったが、1977年以降は減少し、移動区とほぼ同様の傾向を示した。また、同年の移動区と比べると、禁牧区の地上部重量は、移動区の1.5～3.6倍の範囲にあった。地上部重量中のバミューダグラスの草量は、1974年には487gあったが、翌年には約2倍の918gとなった。しかし、1976年には719gと減少し、また1977年以降は半減し、さらに1980年以降は急速に減少して、1981年にはほとんど消滅した。これを同年の移動区の草量と比べると、1980年までは移動区の1.3倍～2.5倍であったが、1981年には禁牧区のバミューダグラスの草量の方が少なくなった。バミューダグラス以外の草量は、造成翌年には342gで多かったが、その後2年間は少なく、1977年以降には増加の傾向を示した。同年の移動区と比較すると、1.5～10.0倍の範囲にあって、バミューダグラスよりも禁牧による増加割合が大きかった。地上部重量中に占めるバミューダグラスの割合は、移動区とほぼ同様の傾向にあったが、同年の移動区の割合に比べてかなり低かった。

リター重量（第32表）は、移動区では1975年以降1㎡当たり乾物重で9～15gの範囲で、あまり変化はみられなかったが、禁牧区では漸増した。また、同年の放牧区のリター重量よりやや多い傾向にあった。

（3）草地の生産量

1978～1981年の4か年間実施した放牧期間中の生産量の放牧回次ごとの調査結果を第33表に示した。輪換放牧を年間6～7回行なった結果、バミューダグラスの被度は、1978～1979年の第1回次を除いて各放牧回次とも90%以上あり、回次ごとの変動も少なかった。しかし、1980年には第3回次以降急速に減少し、11月には34%になった。1981年5月にはさらに5%まで減少していたが、7月には38%まで回復し、秋には再び減少して10月には16%となった。また、バミューダグラス以外の草種の被度が1980年以降急速に増加し、1981年にはいずれの回次も90%以上であった。

放牧期間中のバミューダグラス草地の総生産量は、10a当たりの乾物重で1060～1212kgであった。そのうちバミューダグラスの生産量は、前半の2年間は平均755kgあり、放牧期間中の総生産量の64%を示したが、1980年には206kgとなり総生産量の17%に、1981年にはわずかに19kgとなり、2%にまで急減した。

バミューダグラスの季節生産性を明らかにするために、第33表の結果を用い、同草種の生産量がよく維持されていた前半2年間の生産量から1日当たりの生産量を算出し、同草種の月別の生産量として第34表に示した。当試験地におけるバミューダグラスの出葉時期や草丈、平均気温と生育の関係^{82,158)}等を考慮すると、草丈が4cmに達するのは4月下旬と考えられたため、同草種の生産量の起算日をシバよりも10日遅い4月25日と設定した。また、最終放牧回次の終牧時をもって、バミューダグラスの生産も終了したものとみなした。

2年間の平均生産量は、7月に10a当たり乾物重で190kgあって

第33表 バミューダグラス草地の放牧回次ごとの植生

年次	回次	調査月日	被 度		生 産 量	
			ハミューダグラス	その他	ハミューダグラス	その他
			— % —		— 乾物重kg/10a —	
1978	1	6. 2	81	87	71	251
	2	6.26	92	53	69	66
	3	7.24	93	34	211	79
	4	8.21	95	12	163	23
	5	9.25	94	17	118	28
	6	11. 9	96	17	116	17
	計 (平均)		(92)	(37)	748	464
'79	1	5.11	91	55	21	120
	2	5.25	94	32	42	39
	3	6.22	94	27	109	36
	4	7.21	97	22	150	28
	5	8.24	93	38	167	62
	6	9.17	93	35	158	58
	7	10.12	92	22	116	50
計 (平均)		(94)	(33)	763	393	
'80	1	5.26	70	80	29	215
	2	6.25	90	70	60	139
	3	7.28	73	91	50	223
	4	8.15	57	75	51	196
	5	9.13	36	82	3	100
	6	10.11	39	70	11	75
	7	11. 4	34	64	2	26
計 (平均)		(57)	(76)	206	974	
'81	1	5.15	5	100	0	268
	2	6. 1	21	92	1	63
	3	7. 8	38	100	6	142
	4	8. 4	29	100	5	183
	5	9.14	15	100	2	226
	6	10.17	16	95	5	158
計 (平均)		(21)	(98)	19	1040	

第34表 バミューダグラスの月別生産量

(乾物重kg/10a)

年次	4	5	6	7	8	9	10	11月	計
1978	11	56	103	222	156	97	80	23	748
'79	7	79	127	158	164	172	56	0	763
平均	9	68	115	190	160	135	68	12	755

最も多く、次いで8月、9月の順となり、生産量のピークはシバよりも約2か月後にあった。また、月別の生産量を年次別にみると、1978年は7月が最も多く、次いで8月が多かった。しかし、1979年は9月が最も多く、次いで8月、7月の順であった。このように、バミューダグラスの季節生産性は夏季に集中して多い傾向を示し、シバよりも季節による変動が大きかった。

4 考察

バミューダグラス草地もシバ草地と同様、植生の安定している時期には典型的な短草型草地の特徴を示した。すなわち、放牧区では草丈11～20cmの階級に平均46%の草種が分布して最も多く、草丈30cm以下の階級に90%以上の草種が集中した。また、全体の68%の草種が被度1%未満の階級に集中した。そして、放牧区で草丈が31cm以上になった草種数は、年次により0～3種と少なかった。

出現草種数についてみると、両区とも1回だけ出現した草種が多かった。これは、シバ草地と同様に、バミューダグラスの被度や密度が高いため、圃場外から侵入した種子や土壌中に存在した種子が発芽しにくいこと、発芽した場合でも、掃除刈り、採食、踏圧等を繰り返し受けたため、他草種の定着が困難であったためと思われる。

バミューダグラス草地の植生の変遷についてみると、造成翌年のバミューダグラスの被度はすでに86%とシバ草地に比べて高かった。これは、移植時期がシバよりも4か月早い6月であり、その生育時期に当たるとともに、活着後年内2回の全面掃除刈りや、翌年に多量の施肥を行なったことによるであろう。

バミューダグラスの被度は造成2、3年後が最も高く、その後衰退の経過をたどった。その経過は移動区の地上部重量及びその構成割合をみれば明らかである。バミューダグラス重量の全体に占める割合は、造成後3年間は90%前後と非常に高く、その後3年間は60～80%、最後の2年間は11%と2%であった。

造成当初の3年間に地上部重量が多かったのは、バミューダグラスの被度や密度が高く、しかも調査時までの禁牧期間が長かったためと考えられる。しかし、造成4年後の1977年は、退牧から調査までの禁牧期間が1か月以上あったにもかかわらず地上部重量は半減し、バミューダグラスの占める割合も低下した。この一要因と推察されるのは、同年2月の低温である。この時期に最低気温が -5°C 以下を記録した日が4日あり、第3章で供試した草地の暖地型牧草に部分的な枯死が観察された。本草地も北向き斜面であり、その影響が大きかったものと考えられる。また、同年7、8月の降水量は32mmと45mmで例年の半分程度しかなく、これもバミューダグラスの再生に影響したものと推察される。

また、1978年には地上部重量が最も少なくなったが、これは、同年から放牧期間中の掃除刈りを中止し、放牧圧を強めたこと、及び退牧から調査までの禁牧期間が短かったことなどによるものであろう。そのために、この時期には大部分の草種の草丈が低下し、バミューダグラスのSDR₂は上昇した。

1980年～1981年のバミューダグラスの急速な衰退は、シロクローバの増加と1981年2月の低温によるとと思われる。放牧区のシロクローバは造成2年後の1975年より出現し、被度、SDR₂とも年々増加した。シロクローバは春から初夏にかけて生育が旺盛で、とくに4～5月は生育開始時期の遅いバミューダグラスを被圧する傾向がみられた。シロクローバがほふく性の茎によってまん延する⁷¹⁾とともに、当草地では、掃除刈りや強度の放牧をくり返した割には窒素施用量が少なく、低温によって草勢が低下していたバミューダグラスの競争力を弱めたことも一因と推察される。シロクローバは当地域では夏枯れを生じやすく、増加してきた同草種が夏枯れを受けることで生じた裸地にメヒシバ等の耕地雑草が侵入し、荒廃に拍車をかける結果となった。

春から夏まで禁牧を行うと、草丈21～30cm、31～40cm、41～50cm

の3階級で全草種の52%を占め、51cm以上の階級にも45%の草種が分布した。また、被度1~5%及び5~25%の階級の草種割合も放牧区よりかなり高かった。

禁牧区のパミューダグラスの草丈は、同じ年の放牧区の草丈に比べると、1.6~3.3倍（平均2.5倍）の高さであった。また、被度を放牧区と比較すると、造成当初の1974年には禁牧区が10%余り高かったが、翌1975年にはほとんど差がなくなり、それ以降は放牧区が概して高かった。造成当初はまだ裸地が多く、禁牧によってパミューダグラスの被度が増加する余地があったが、それ以降は禁牧による草丈や被度の増加割合がパミューダグラスを上回るダリスグラス、オオアレチノギク、シロクローバなどに被圧されたためと推察される。

とくに禁牧区のシロクローバの増加が著しく、試験後半には被度が60%前後を占めた。放牧区と比較すると、1976年以降は放牧区の被度を大きく上回った。シロクローバは、草丈はあまり高くないが、茎が地面に接してほふくし、各節から発根してよくまん延するため被度が増加しやすい傾向にあり、放牧区でくり返し葉が採食されたのに対し、禁牧区では葉がそのまま残っていたので、このような大きな差となったものであろう。

メヒシバは、造成当初の2年間が多く、その後減少し、1981年には再び増加し、放牧区とほぼ同様の傾向を示した。また、放牧区と比較すると、造成当初は禁牧区の被度が高かったが、1976年以降は放牧区の被度の方が高かった。メヒシバは底陰には比較的弱い⁷¹⁾ため、1976年以降にみられたように、禁牧条件下では被度がむしろ低下する傾向にあったが、造成当初には競合する草種が少なかったため、禁牧区の被度の方が大きくなったものと推察される。

禁牧区のリター重量は、同年の放牧区よりやや多い傾向にあった。これは、シバ草地と同様に、禁牧によってケージ内の草丈が高くなり、光に対する競争が激しくなり、枯葉や枯死個体が増加したため

123)と推察される。また、禁牧区の裸地率が放牧区を上回ることが多かったのは、禁牧による枯死個体の増加等によって、密度が低い状態となったためと考えられ、禁牧の危険性が明らかとなった。

以上のように、バミューダグラス草地を移植によって造成し、同草種が優占した状態で安定的に維持するためには、造成当初からかなり強度の放牧や掃除刈りをくり返すとともに、マメ科を優占させないような適切な施肥管理が必要である。また、当試験地の気象条件下では、同草種が寒害を受ける恐れがあり、導入に当たってはこの点も考慮する必要がある。

バミューダグラス草地の放牧期間中の総生産量は、10a当たり乾物重で1060～1212kgであり、そのうちバミューダグラスの生産量は、前半の2年間は総生産量の64%を示したが、1980年には17%、1981年にはわずか2%にまで急減した。前半2年間のバミューダグラスの生産量は、シバよりもやや多かったが、生産量を比較するには、両草地の造成後の経過年数の相違も考慮する必要がある。また、猪原⁸²⁾も指摘しているように、バミューダグラスのほふく茎は地表に浮き上がり、可食部にも堅い茎部が多量に混入するなど、嗜好性はあまりよくないものと思われる。

バミューダグラスの季節生産性をみると、7月には10a当たり乾物重で190kgあって最も多く、次いで8月、9月の順となり、生産量のピークはシバよりも約2か月後にあった。これは、村田ら⁷⁷⁾が、バミューダグラスをはじめとする暖地型牧草の光合成の最適温度が約35℃と高く、その生育適温も高いことを示唆しているように、夏季の高温が同草種の生長を促進したためと思われる。また、月別の生産量を年次別にみると、1978年は7月が最も多く、次いで8月が多かった。しかし、1979年は9月が最も多く、次いで8月、7月の順であった。これは、第24表によると、1979年7月の平均気温が1978年同月に比べて2.1℃低く、これがバミューダグラスの生育を鈍化させたものと考えられる。以上のように、バミューダグラスの

季節生産性は夏季に集中して多い傾向を示し、シバよりも季節による変動が大きかった。

バミューダグラス草地のha当たりの放牧延頭数は、1974～1977年までは560～724頭であり、年々増加した。1978年以降は、1040～1237頭（平均1098頭）の放牧が可能となり、高い牧養力を示した。しかし、バミューダグラス草地の放牧利用期間は、バミューダグラスの生育を考慮すると、5月上旬から11月上旬までの180日間程度と考えられ、シバ草地よりやや短かった。

第3節 シバ草地とバミューダグラス草地の比較

短草型草地を形成するシバとバミューダグラスの両草種の草地を、各々の切片を移植して造成し、ほぼ同様の利用管理を行なった結果、次の共通点ならびに相違点が明かとなった。

（1）シバ及びバミューダグラスが優占し、植生が安定していた期間の放牧延頭数は、両草地とも年間ha当たり1000頭前後であり、大差なかった。

（2）植生についてみると、放牧区の出現草種数は、シバ草地では造成当初非常に多かった。これは、裸地が多かったことや、シバを場内各場所より集めて移植したためと考えられる。しかし、シバが優占してくるにつれて減少した。一方、バミューダグラス草地における出現草種数は、造成当初は少なく、バミューダグラスの衰退につれて増加の傾向を示した。したがって、シバやバミューダグラスの被度や密度が高く、安定した状態では、草地の構成草種はかなり少ないものと考えられる。

（3）草丈についてみると、放牧区では両草地とも11～20cmの範囲に最も多くの草種が分布し、大部分の草種が30cm以下に集中し、短草型草地の景観を呈した。

（4）S D R₂ は、両草地とも造成当初にはメヒシバなどの雑草が

上位を占めたが、掃除刈りや強度の放牧によって草地全体の草丈を低く保つと、シバやバミューダグラスの被度は90%以上となり、優占度も高まった。

(5) シバ草地では、造成6年後の1981年においてもシバの優占草地として維持されていたが、バミューダグラス草地では、バミューダグラスが次第に衰退した。これは、バミューダグラスがシバよりも低温に弱く¹²¹⁾、調査期間中に数回の寒害を受けたことと、シロクロバの増加が著しく、これとの競合に負け、抑圧されたことが主な要因と考えられ、同草種を導入するに当たっては、冬季の気温や施肥管理に十分注意する必要がある。

(6) 両草地を春から8月の調査時まで禁牧した結果、草丈、被度、草量などの増加割合が、短草型のシバやバミューダグラスよりも大きい草種が多く、両草種とも抑圧される傾向が顕著であった。したがって、短草型草地ではとくに、禁牧や放牧圧の低い状態での利用は避ける必要がある。

(7) 放牧期間中の総生産量は、シバ草地では10a当たり乾物重で800~900kgであったのに対し、バミューダグラス草地では1100~1200kgあった。また、シバの生産量は570~750kg程度であったのに対し、バミューダグラスは、被度が80%以上を維持していた時期には750kg前後あり、後者がやや多かった。

(8) 両草種の季節生産性をみると、シバは5~7月が多く、8月には低下する傾向にあったのに対し、バミューダグラスの生産のピークは夏季にあり、7~9月の生産量が多かった。又、バミューダグラスはシバに比べて春の生育が遅く、夏季に生産量が集中する傾向を示した。

第4節 要約

短草型草地を安定して維持するための利用管理法を検討するため、

シバ及びバミューダグラスの草地を移植によって造成し、輪換放牧を続けながら、植生の推移や草地の生産量を調査した。

両草種の放牧延頭数は造成後次第に増加し、造成4、5年目以降の草地が安定した状態では、年間ha当たり成雌牛標準体重で1000頭余りの放牧が可能であった。

シバ草地では、造成当初に1年生雑草が優占したが、掃除刈りや放牧によって急速に減少した。シバは、造成3年後には被度90%以上、SDR₂ 90以上となり、調査終了時（造成6年後）まで安定して推移した。

バミューダグラス草地では、シバ草地と同様に、掃除刈りや放牧によってバミューダグラスが優占し、一時安定したが、数回の寒害やシロクローバの侵入によって次第に衰退し、造成7年後以降には急速に荒廃した。当草種の導入に当たっては、冬季の気温や施肥管理に十分な配慮が必要である。

4月から8月までの約4か月間禁牧した結果、シバやバミューダグラスよりも草丈、被度、草量などの増加割合が大きい草種が多くなり、両草種の生育が抑圧された。したがって、禁牧は短草型草地の植生を急速に悪化させるので注意が必要である。

放牧期間中の両草地の安定した状態での総生産量は、シバ草地が10a当たり乾物重で平均867kg、バミューダグラス草地が1184kgであった。また、シバ草地におけるシバの生産量は平均681kgで同草種の総生産量の78%を占め、バミューダグラス草地におけるバミューダグラスは755kgで、同草地の総生産量の64%を占めた。

シバの月別生産量は5月が最も多く、5～7月が多かったが、バミューダグラスは夏季の7～9月に集中して多く、両草種の季節生産性には相違がみられた。

シバ草地の放牧利用期間は、4月下旬から11月上旬までの約200日間、バミューダグラスは春の生育がやや遅いため、同草地では5月上旬から11月上旬までの約180日間であった。

第5章 暖地傾斜地における放牧子牛の発育

第1節 放牧雌子牛の発育

1 目的

放牧子牛の発育は舎飼いに比較して一般に劣るとされる⁸⁾。しかし、今後は放牧によって素牛生産を拡大し、生産費を低減させる必要が大きくなると考えられ、その場合、放牧されている繁殖牛から生産された子牛の発育をいかにして改善するかが重要となる。四国農業試験場土地利用部では、傾斜地を利用した肉用繁殖牛の周年放牧を行い³⁵⁾、そこで生産された子牛を生時から濃厚飼料無給与で育成してきた。そこで、本節ではこれらの子牛のうち雌について36か月齢までの発育成績を取りまとめ、放牧育成技術の確立に資することとした。

2 材料と方法

四国農業試験場土地利用部で、1974年から1982年までの間に生産された黒毛和種雌子牛20頭の発育成績を使用した。母牛は、トールフェスク主体の牧草地と野草地を組み合わせで周年放牧されるか、一部の牛は冬の間パドックで夏季に調製した乾草を給与された。いずれも、濃厚飼料は全く給与されていない。

第34表には、出生月の分布を示した。繁殖は人工授精により行い、主に春季に実施したので20頭のうち16頭が2～4月に生産された。子牛は離乳時まで別飼いは全く行なわず母牛と一緒に放牧し、8か月齢前後で離乳した。離乳後の飼養法は母牛に準じた。雌子牛への授精は、人工授精を主体に一部牧牛も使用した。授精を実施しなかった年次があり、また、いずれも季節繁殖によったため受胎月齢が大幅に遅れた牛や、全く受胎しなかった牛もあった。子牛の衛生管理については、ダニの付着が認められれば適宜ダニ駆除剤を噴霧するとともに、抗タイレリア剤を年2回注射した。また、肝蛭駆虫剤も年1回投与した。

測尺は1か月ごとに、体高、胸囲、管囲及び体重について36か月齢まで実施した。取りまとめに当たって、各月齢の発育値はその前後の測定値から比例配分して求め、福原ら³⁾の放牧牛の正常発育の

第34表 雌子牛の出生月の分布

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
頭数	-	3	7	6	-	-	1	-	1	1	1	-	20

第35表 放牧雌子牛の発育値

月齡	体高	胸囲	管囲	体重	D G	
月	cm	cm	cm	kg	kg/日	
生時	66.7	68.9	9.3	25.0	↑	↑
2	81.5	97.6	11.1	67.0	↑	↑
4	90.2	111.1	12.1	100.4	↑	↑
6	95.0	122.8	12.9	136.9	0.49	↑
8	99.7	130.2	13.2	165.5	↓	↑
10	103.0	136.1	13.5	187.3	↓	↑
12	105.4	140.3	14.1	202.3	↑	↑
14	108.7	145.8	14.5	229.8	↑	↑
16	110.4	149.1	14.7	251.1	↑	↑
18	111.8	153.0	15.0	266.5	0.29	0.33
20	113.6	156.5	15.0	278.3	↓	↑
22	115.3	160.6	15.2	298.8	↓	↑
24	116.2	163.0	15.4	308.7	↑	↑
26	117.6	166.8	15.4	332.2	↑	↑
28	118.2	169.9	15.6	351.2	↑	↑
30	118.9	171.6	15.7	364.4	0.23	↑
32	119.6	174.0	15.8	374.1	↓	↑
34	119.9	176.2	15.8	387.3	↓	↑
36	121.1	177.9	15.8	391.6	↓	↓

注) 20頭の平均値で示す。

範囲と比較した。

3 結果

放牧雌子牛の発育値を第35表に示した。生時、12か月齢、24か月齢及び36か月齢の体高はそれぞれ66.7cm、105.4cm、116.2cm及び121.1cmであり、胸囲は68.9cm、140.3cm、163.0cm及び177.9cmであった。また、管囲は各々9.3cm、14.1cm、15.4cm及び15.8cmであり、体重は25.0kg、202.3kg、308.7kg及び391.6kgであった。その結果、D Gは生時から12か月齢まで0.49kg、12か月齢から24か月齢まで0.29kg、24か月齢から36か月齢まで0.23kgとなり、通算では0.33kgであった。

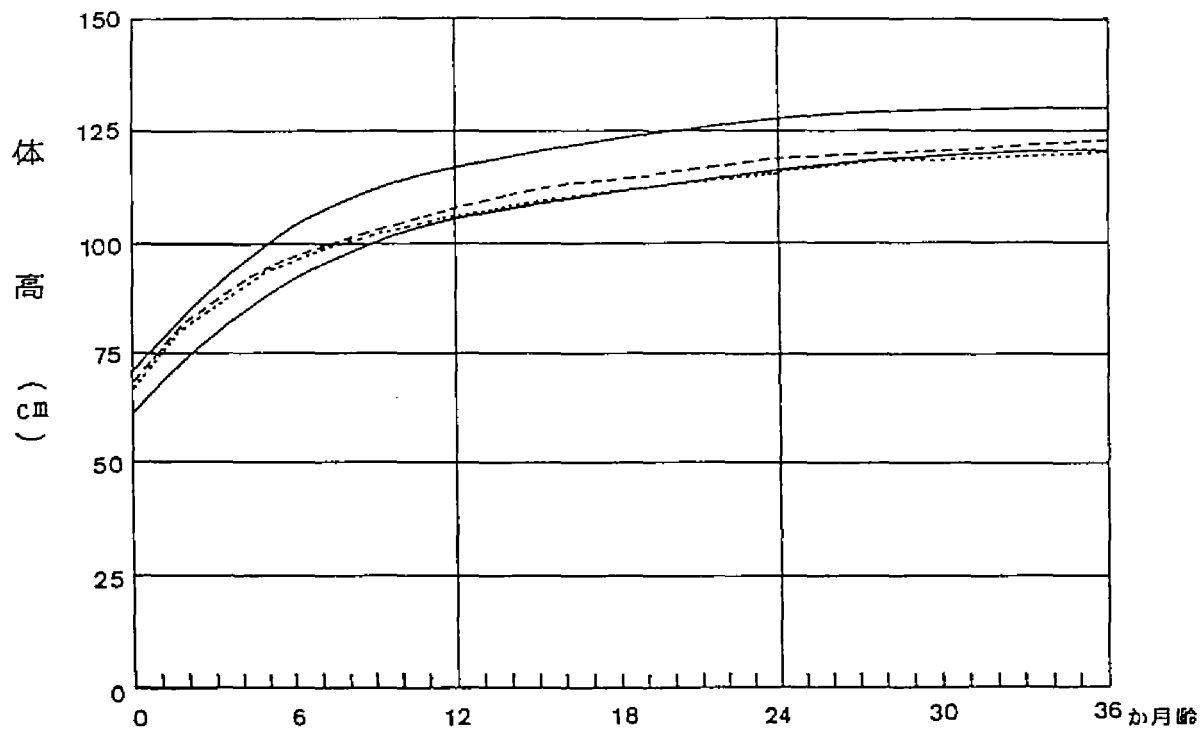
放牧雌子牛の体高、胸囲、管囲及び体重の発育を、それぞれ第30図、第31図、第32図及び第33図に示した。36か月齢以内に受胎した牛（受胎月齢は平均 25.1 ± 4.8 月）10頭と妊娠しなかった牛10頭に区分して示した。

福原ら⁸⁾の示した放牧子牛の発育と比較すると、各項目ともに生時では中位に位置していた。その後の推移をみると、体高は12か月齢でほぼ下限まで低下し、36か月齢まで下限値付近にあったが、受胎牛がやや低く推移した。胸囲は18か月齢前後にほぼ下限値に近づいたが、36か月齢ではほぼ中央付近にまで回復した。管囲は月齢の進行とともに下限値に近づく傾向にあった。体重は、12～24か月齢で下限値に近づいたが、36か月齢頃までには再び中央値付近に位置するようになった。また、14、15か月齢以降は受胎牛が非受胎牛の体重を約20kg上回った。

以上のように、雌では生後12～24か月齢において放牧牛の正常発育に比べてやや遅延がみられるが、胸囲あるいは体重の推移からみられるように、36か月齢まで発育速度が高く保持され、標準値に近づく傾向がみられた。

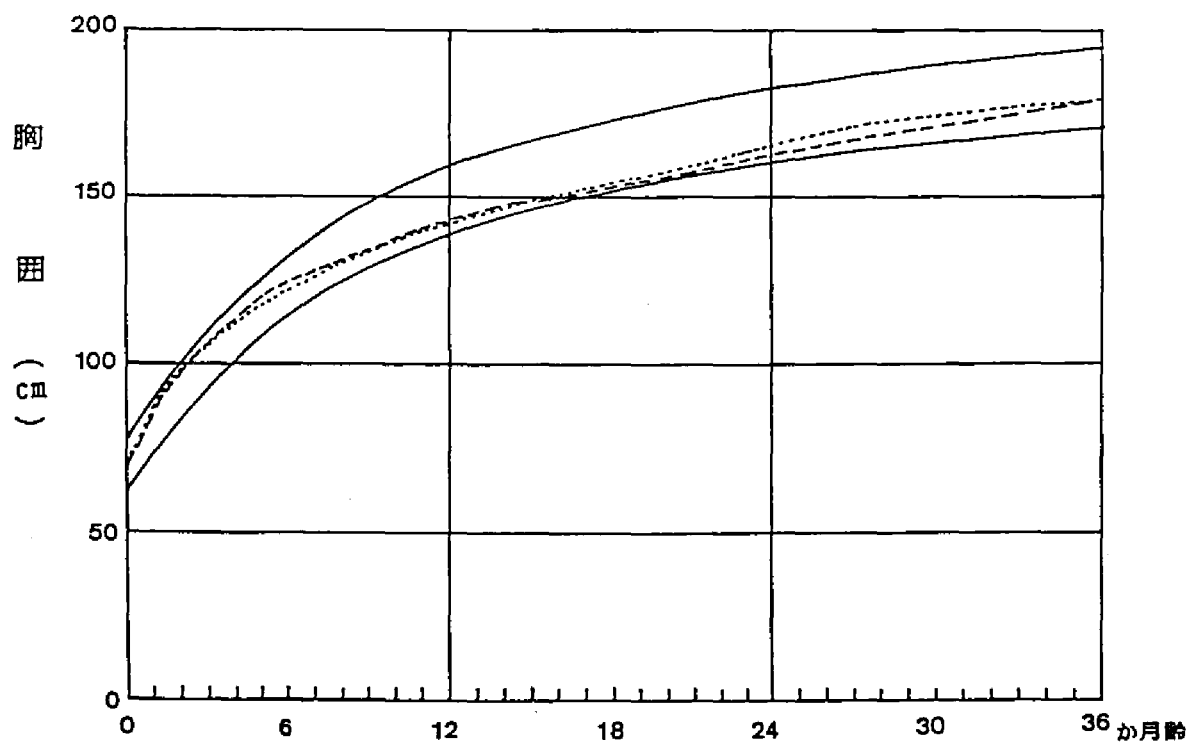
4 考察

和牛の発育については福原の総説¹⁰⁾をはじめ、発育に関与する要因、繁殖能力、発育の特徴等について報告されており^{23, 64, 65, 67, 76, 81, 91, 101, 103, 106, 128)}、発育標準値や正常発育の範囲も提

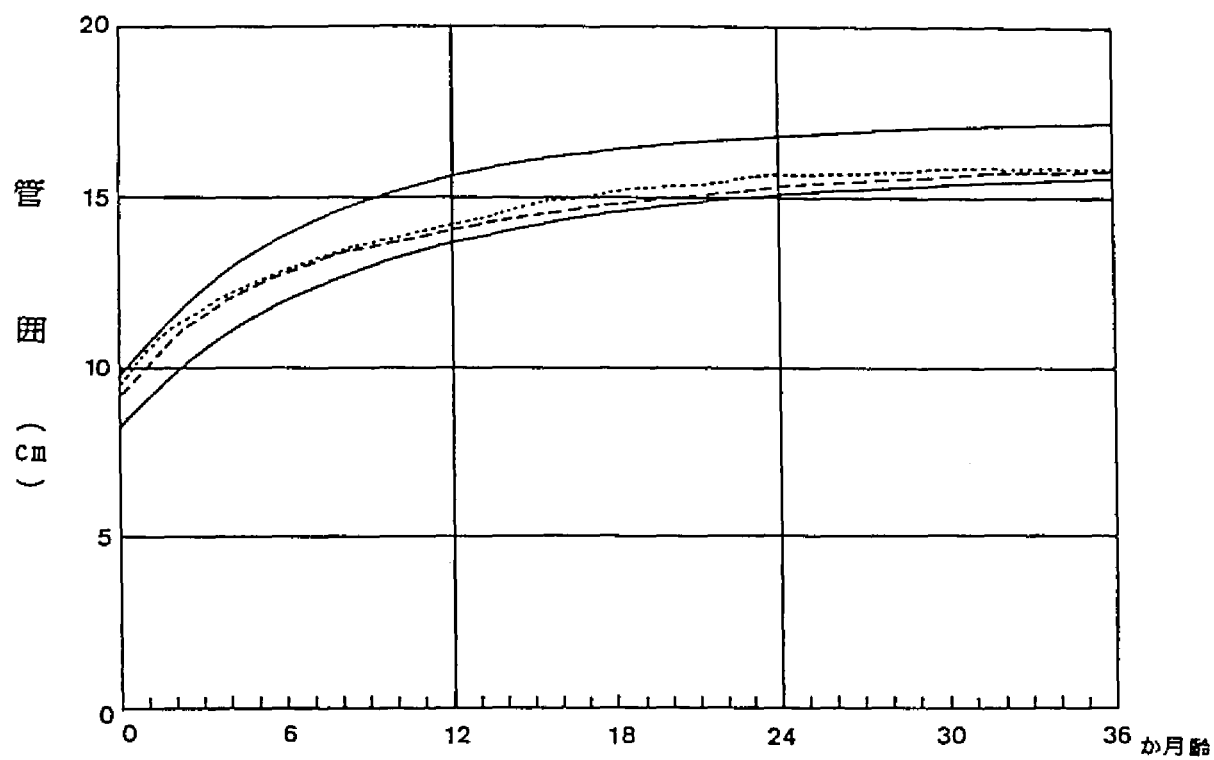


第30図 放牧雌子牛の体高の發育

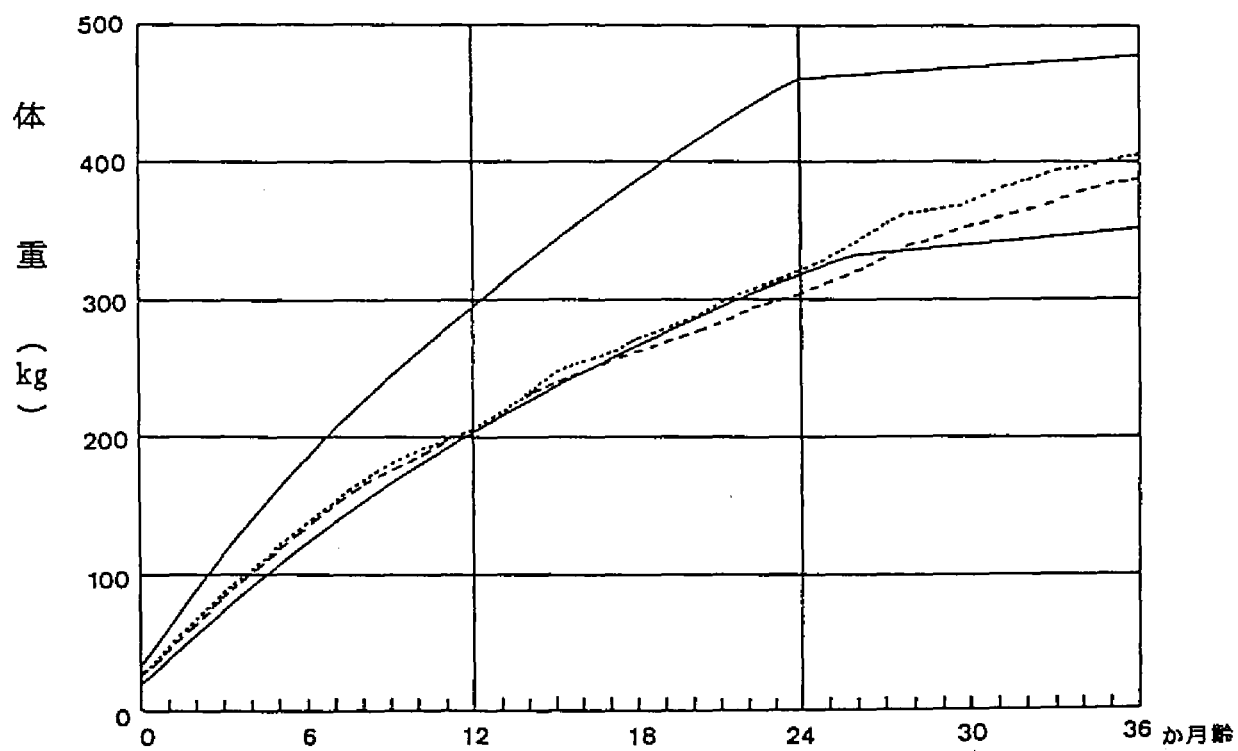
注) ——：福原ら¹⁾の正常發育の範囲，………：分娩牛10頭の平均値，
 -----：非分娩牛10頭の平均値，第31，32，33図も同じ。



第31図 放牧雌子牛の胸囲の發育



第32図 放牧雌子牛の管囲の發育



第33図 放牧雌子牛の体重の發育

示されている^{8, 92, 160)}。本節で比較した福原ら⁸⁾の放牧牛の正常発育の範囲において、これらの子牛の大部分は別飼料が給与されていた。本節の放牧子牛には全く濃厚飼料が給与されていないため、各測定部位とも生後2～3か月齢前後から次第に下限値に近づく傾向にあった。しかし、胸囲や体重の推移にみられるように、24～36か月齢において再び中央に近づいた。

雌牛の育成時の栄養水準あるいは増体量の相違がその後の発育や子牛生産性に与える影響について、肉用牛や乳用牛についていくつか報告されており^{9, 22, 91, 102, 105, 135)}、生涯的な子牛生産を低下させない育成期の発育下限の検討がされている。鈴木ら¹³⁵⁾は、7.5～18か月齢間を異なった栄養条件下で育成し、その後同一条件で飼養した黒毛和種雌牛の発育、繁殖成績を6産次まで比較検討している。この期間のD Gが0.55kgの牛群、粗飼料だけで育成したD G 0.21～0.50kg (平均0.39kg)の牛群、及び日量1kgの濃厚飼料と粗飼料で育成した初期発育の劣ったD G 0.41kgの牛群を比較した結果、18か月齢では群間に発育に差がみられる部位が多く、初産月齢等も後2者ではかなり遅延した。しかし、6産月齢では3群間に差がなくなり、出生時から育成期にかけて少なくともD G 0.4kgを維持する必要のあることを報じている。本節の雌子牛の生時から18か月齢までの平均D Gは0.44kgであり、濃厚飼料無給与の放牧によっても、雌牛の育成は可能と考えられる。ただ、鈴木ら¹³⁵⁾は粗飼料のみの育成ではD Gにばらつきがあり、発育の劣る牛もいるため、若干量の濃厚飼料の必要性を認めている。本研究においても、夏季の採食量や草質の低下が認められており、草地条件等によってはその必要があろう。

また、肉用繁殖牛の体格と子牛生産性について、福原¹¹⁾や岡野ら¹⁰⁷⁾によって検討が行われている。岡野ら¹⁰⁷⁾によると、48か月齢体重で雌牛を区分し、生涯子牛生産性を比較したところ、体重420kg以下の雌牛のほうが421kg以上の牛より生涯産子数や分娩間隔が良好なことを報告している。本節では36か月齢で平均400kg前後の体重であり、これは繁殖面からはむしろ望ましいことと考えられる。

しかし、本節では繁殖性について十分な検討が行えなかったので、今後さらに究明すべき課題である。

第2節 放牧去勢牛の発育

1 目的

本章の第1節で述べたように、放牧育成牛の発育は必ずしも良好ではない。去勢牛にとっても、育成中の発育の良否はその後の産肉性と密接な関連を持っており¹⁵⁵⁾、生産性を阻害せず、しかも経済的な放牧育成法を確立する必要がある。本節では、暖地傾斜地で周年放牧されている母牛から生産され、生時から濃厚飼料無給与で放牧育成された去勢牛について、生時から24か月齢までの発育を測定し、放牧育成技術の確立に資することとした。

2 材料と方法

四国農業試験場土地利用部で、1974年から1982年までの間に生産された黒毛和種雄子牛17頭の発育成績を使用した。出生月の分布を第36表に示したが、雌子牛と同様に大部分は2～4月に生産された。母牛の飼養管理法は第1節と同様である。雄子牛は3か月前後で去勢を行ったので、ここでは去勢牛と称した。離乳は8か月齢前後に実施した。子牛にも生時から24か月齢まで濃厚飼料は全く給与せず、冬季に一部の牛にバドックで乾草を給与した以外はトールフェスク主体の牧草地で輪換放牧を行った。去勢牛の衛生管理については、雌子牛と同様である。

3 結果

放牧去勢牛の24か月齢までの発育値を第37表に示した。生時、12か月齢及び24か月齢の体高はそれぞれ69.1cm、110.1cm及び121.9cmであり、胸囲は71.6cm、146.0cm及び165.9cmであった。また、管囲は各々9.9cm、15.2cm及び16.7cmであり、体重は28.2kg、224.7kg及び322.9kgであった。その結果、DGは生時から12か月齢まで0.54kg、12か月齢から24か月齢まで0.27kgであり、通算では0.40kgであった。

第36表 雄子牛の出生月の分布

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
頭数	1	3	7	4	-	-	-	2	-	-	-	-	17

第37表 放牧去勢牛の発育値

月 齢	体 高	胸 囲	管 囲	体 重	D G	
月	cm	cm	cm	kg	kg/日	
生時	69.1	71.6	9.9	28.2	↑ 0.54	↑
2	82.7	99.8	11.6	73.1		
4	92.0	112.3	12.8	109.6		
6	97.9	126.2	13.7	149.2		
8	102.9	134.3	14.2	179.5	↓ 0.40	↓
10	106.9	142.8	14.7	204.5		
12	110.1	146.0	15.2	224.7		
14	113.2	149.3	15.3	247.5		
16	115.4	153.1	15.7	263.2	↑ 0.27	↑
18	117.0	155.3	15.9	276.8		
20	118.1	157.9	16.2	282.2		
22	120.1	164.1	16.4	302.6		
24	121.9	165.9	16.7	322.9	↓	↓

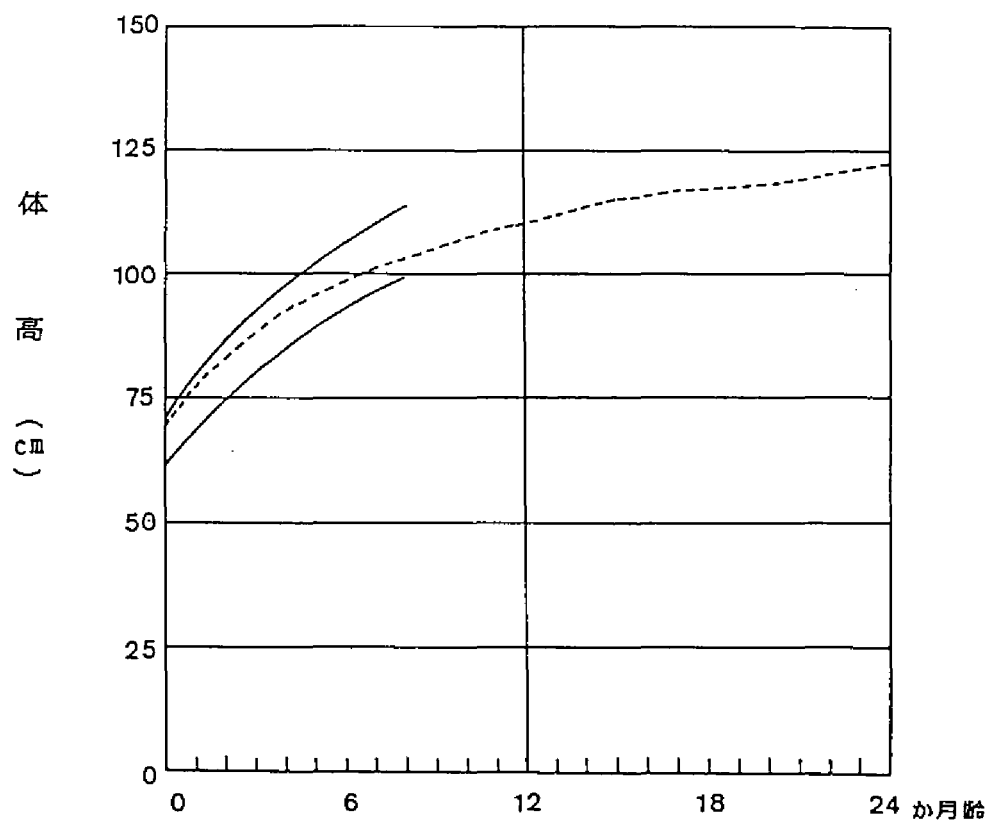
注) 17頭の平均値で示す。

放牧去勢牛の体高、胸囲、管囲及び体重の発育を、それぞれ第34図、第35図、第36図及び第37図に示した。福原ら⁸⁾の示した8か月齢までの放牧雄子牛の発育と比較すると、各項目ともに生時では中位かそれ以上に位置していたが、3、4か月齢頃からいずれも次第に下限値に近づいた。8か月齢以後の発育についても、それ以前より発育速度が顕著に改善された測定部位はなかった。しかし、胸囲と体重については15～18か月齢前後の発育停滞が著しく、その後やや回復する傾向がみられた。

4 考察

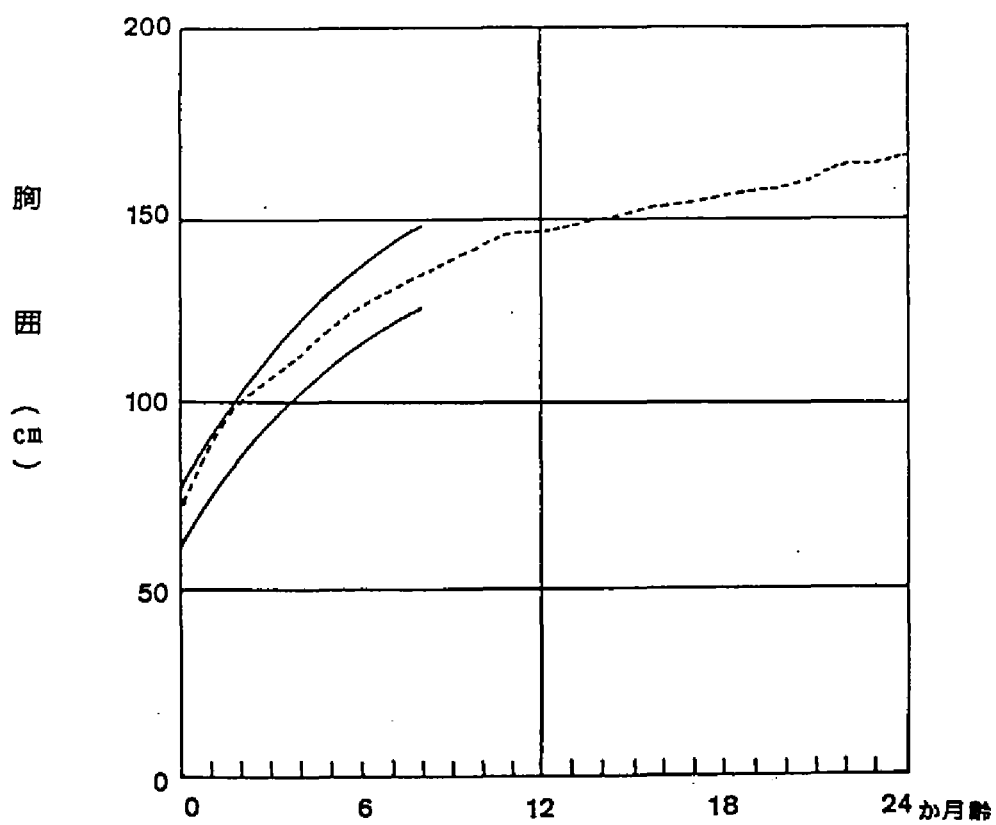
去勢牛の放牧育成については黒毛和種^{19, 28, 29-32, 87, 91, 146)}、褐毛和種^{63, 144)}、日本短角種^{87, 146)}、ホルスタイン種^{3, 18, 37, 91)}、その他^{18, 29-32, 146)}について数多くの報告があり、7～9か月齢から1シーズン(150～200日間程度)放牧した後仕上げ肥育を行ったもの^{28, 29-32, 63, 144, 146)}、12、13か月齢から放牧を開始したもの^{19, 20, 87)}、2シーズン放牧³⁾、さらに、濃厚飼料無給与によって仕上げたもの^{18, 37)}などがある。それらによると、黒毛和種去勢牛の放牧育成中のDGは濃厚飼料無給与の場合0.5～0.6kgの報告が多く、濃厚飼料が補給された場合あるいはホルスタイン種の場合などはこれらより良好な成績となっている。例えば、細山田ら²⁹⁻³²⁾は7～9か月齢の黒毛和種と無角和種を春季と秋季に放牧し、放牧終了後仕上げ肥育を行う放牧肥育方式について前後3回にわたって検討している。放牧期間中には体重の0.2～1.2%の濃厚飼料が補給され、両種とも0.54kg前後のDGを得ている。

本節のDGは、12か月齢までは0.54kgであったが、12か月齢から24か月齢までは0.24kgと非常に低かった。暖地の放牧ではとくに夏季の暑熱が生育を阻害する大きな要因とされ^{29-32, 63, 87, 92, 144)}、高温の放牧牛への直接の影響とともに、第2章でも考察したように草質及び採食量の低下、サシバエ、アブ等の襲来もそれに関連する要因である。本節の去勢牛の発育をみると、胸囲あるいは体重は春生まれの去勢牛にとって放牧2年目の夏季に当たる15～18か月齢において、発育の停滞がみられた。もう一つの発育阻害要因と考えら

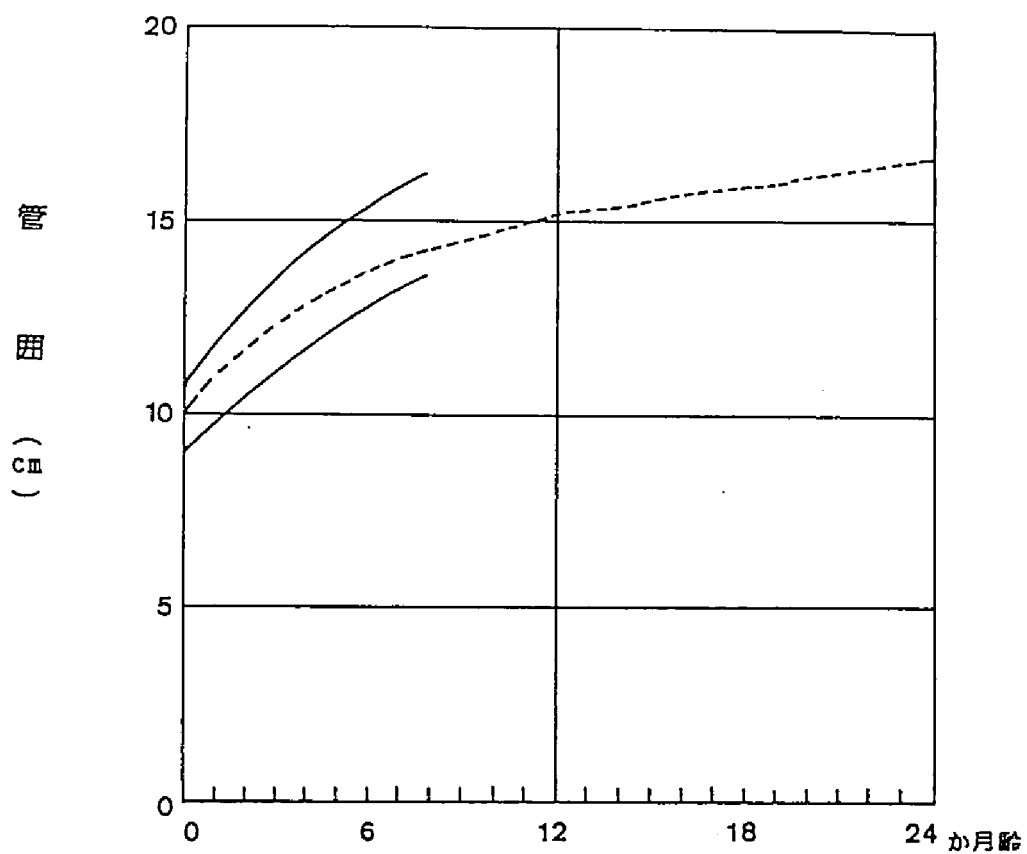


第34図 放牧去勢牛の体高の發育

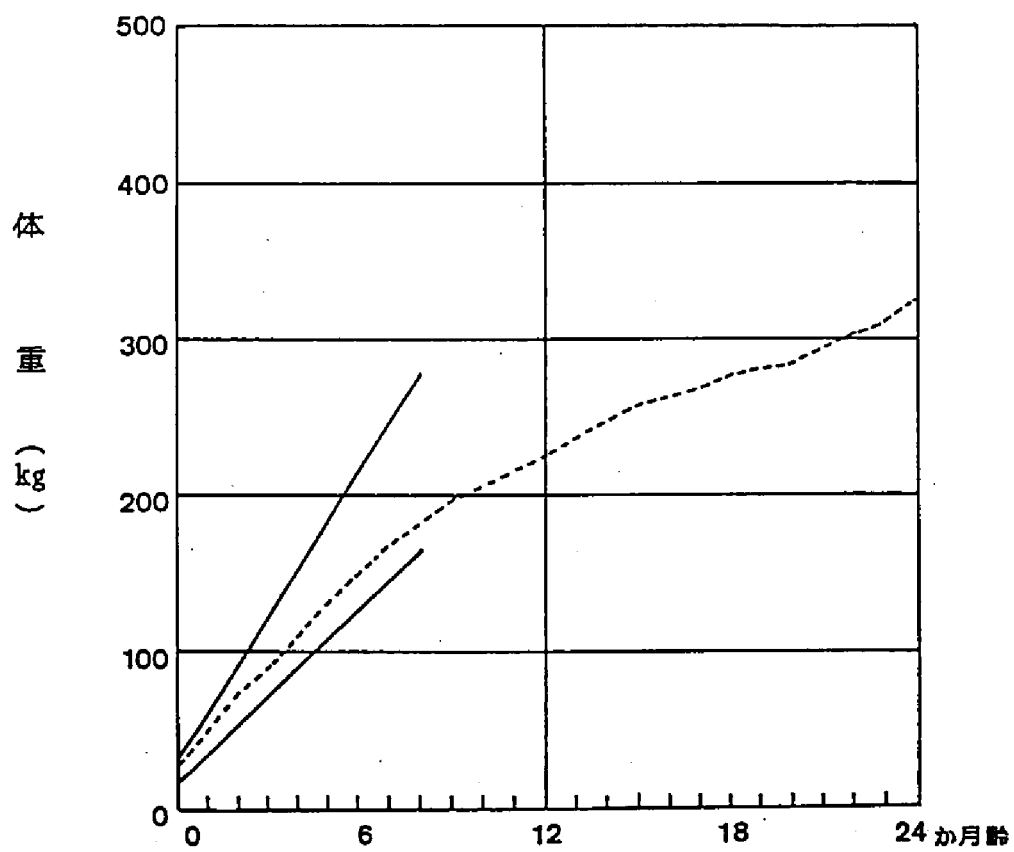
注) ———: 福原ら⁴⁾の正常發育の範圍, - - - - -: 17頭の平均値,
第35, 36, 37図も同じ。



第35図 放牧去勢牛の胸囲の發育



第36図 放牧去勢牛の管囲の發育



第37図 放牧去勢牛の体重の發育

れるのは、ピロプラズマ病への感染である。同病に対する対策としてダニ駆除や治療薬も開発され^{70, 122)}、その被害は軽減されつつあるが、放牧牛にとっては依然として主要な発育阻害要因である^{19-22, 70, 95, 98)}。本節の一部の試験牛について同病感染の有無について検査したところ、大部分について原虫の寄生が確認されており、治療は実施したもののその影響が大きかったものと推察される。しかし、本節の去勢牛の場合、生時から連続して放牧あるいは屋外飼養されており、放牧開始時の発育停滞、ピロプラズマ病に対する耐性等については有利ではないかと考えられる。

代償性発育についての報告も数多くあり^{3, 29-32, 36, 37, 91, 143-145, 155)}、D G 0.5~0.65kg程度の場合において最も著しい代償性発育がみられるとされる¹⁵⁵⁾。本節の去勢牛は粗飼料のみで周年屋外飼養されており、18か月齢以降の胸囲や体重にみられたように、暖地においては夏季の発育の停滞を冬季から春季にとりもどすパターンとなろう。その場合、本節の去勢牛程度の低発育でも十分な代償性発育が得られるかどうか検討する必要があるだろう。

本節の去勢牛の発育を、7~9か月齢の黒毛和種去勢牛を放牧育成した細山田ら¹⁹⁻²²⁾や、12か月齢ならびに8~13か月齢の同種去勢牛を用い野草地あるいは牧草地に放牧した林ら^{19, 20)}の成績と比較すると以下のようなものである。すなわち、12か月齢では本試験牛の体重が220kgに対し、細山田らでは280kg、林らでは220~260kgであり、一方18か月齢では本試験牛の280kgに対し、前者では400kg、後者では300~380kg程度の発育を示しており、後者では野草地放牧の方が増体は低い。この場合、前者では濃厚飼料が補給され、後者は補給されていない。本節の去勢牛の発育は、林らの野草地放牧牛に近い成績であり、月齢とともに細山田らの発育成績との差が大きくなった。

以上のように、本節の放牧去勢牛の発育は、濃厚飼料無給与では良好なものとはいえなかった。暖地において去勢牛を生時から粗飼料のみで放牧育成した場合のデータの蓄積は少なく、各生育ステージにおける適正な飼料補給量や舎飼い飼養への適切な切り替え時期

など、放牧を取り入れた合理的な育成法の確立が望まれる。

第3節 要約

暖地傾斜地における放牧子牛の発育をいかにして改善するか的基础資料とするため、四国農業試験場土地利用部で放牧繁殖牛から生産された子牛を濃厚飼料無給与で育成し、雌は36か月齢まで、雄は24か月齢までの発育成績を取りまとめた。

1. 放牧雌子牛の生時、12か月齢、24か月齢及び36か月齢の体高はそれぞれ 66.7cm、105.4cm、116.2cm及び121.1cmであり、胸囲は 68.9cm、140.3cm、163.0cm及び 177.9cmであった。また、管囲は各々 9.3cm、14.1cm、15.4cm及び15.8cmであり、体重は25.0kg、202.3kg、308.7kg及び391.6kgであった。その結果、DGは生時から12か月齢まで0.49kg、12か月齢から24か月齢まで0.33kg、24か月齢から36か月齢まで0.23kgとなり、通算では0.33kgであった。

2. 雌子牛は生後12～24か月齢で放牧牛の正常発育に比べてやや遅延がみられたが、36か月齢まで発育速度が高く保持され、標準値に近づくいた。生時から18か月齢までの平均DGは0.44kgであり、濃厚飼料無給与の放牧によって、雌子牛の育成は可能と判断される。しかし、草地条件等によっては若干量の濃厚飼料の補給が必要であろう。

3. 放牧去勢牛の生時、12か月齢及び24か月齢の体高はそれぞれ 69.1cm、110.1cm及び121.9cmであり、胸囲は 71.6cm、146.0cm及び 165.9cmであった。また、管囲は各々 9.9cm、15.2cm及び16.7cmであり、体重は28.2kg、224.7kg及び322.9kgであった。その結果、DGは生時から12か月齢まで0.54kg、12か月齢から24か月齢まで0.27kgであり、通算では0.40kgであった。

4. 放牧去勢牛は、生時から3か月齢頃までは標準的な発育であったが、その後は次第に発育が停滞した。暖地においては、夏季の暑熱やピロプラズマ病の影響が大きく、合理的な放牧育成技術の確立が望まれる。

第6章 総合考察及び結論

西南暖地の傾斜地帯における放牧は、草と牛の両面から厳しい条件におかれていることは、本研究から明かである。

寒地型牧草の生産性を気象要因との関連でみると、第2章でみられたように高温期の夏枯れや草質低下が著しく、傾斜条件によっては維持年限の短縮が憂慮された。しかし、その反面生育期間が長い利点もあり、放牧期間の延長や周年放牧も可能となる。その場合、トールフェスクは夏季の高温早ばつに強いのをはじめ気候適応性がきわめて広いため^{35, 59, 61, 69, 71, 78)}、当地域は最も適している草種と考えられる。

暖地型牧草については、第3章及び第4章にみられたように、生育期間が短く、越冬性にも問題があった。しかし、これらについては河野ら⁵¹⁾も指摘しているように、傾斜条件によっても大きく左右されるところである。また、滝本ら¹⁴⁴⁾や名田⁷⁹⁾が報じているように、暖地型牧草の単播草地では嗜好性や採食量、増体量についても若干の難点があり、暖地型牧草の導入の余地は制限されよう。しかし、第3章にみられたように、寒地型牧草と混生させることによって季節生産性が平準化され、適切な利用管理を行なえば高い牧養力で長期間維持できることは明かであり、越冬が可能な地域では1つの有効な利用法と考えられる。

次に、地形との関連についてみると、傾斜地は傾斜条件によって環境が大きく異なり、牧草の生育への影響の大きいことを第2章で明らかにした。この場合、寒地型牧草では夏季の利用法に細心の注意を要し、特に南面では強度の利用は維持年限の短縮につながる危

険性がある。もう1点は土壌崩壊の問題である。放牧地の傾斜度が15度以上になると等高線にそった牛道が形成される¹⁰⁴⁾が、その度合は傾斜度、土壌及び放牧強度などによって異なる。大概¹¹²⁾は条件によっては裸地率が70%近くに達することを報告しており、傾斜草地の利用上の大きな問題である。その場合、第4章でみられたように、シバは傾斜地に強く⁵⁰⁾、季節生産性も比較的安定しており、シバの利用は1つの解決策である。この他、ススキやササ類などの野草地も当地域にとっては有効な放牧地であるが、本研究では割愛した。

牛の飼養環境についてみると、暖地の夏季は牛にとって厳しい条件にある。しかも、傾斜地に放牧されている場合は、それ以上のストレスがかかることになる。第5章の放牧子牛の発育にみられたように、発育は思わしくなく、若干量の濃厚飼料の補給及び小型ピロプラズマ病対策が重要と考えられた。

西南暖地においても多頭化と省力管理をめざした多くの公共草地が開発されたが、草地及び家畜の両面から多くの問題があり、経営が困難となっている場合が多い^{47, 85, 95)}。その場合、放牧頭数が確保できず牧草が徒長し、草地が荒廃している場合が多く、第2章で述べたように少なくとも800CD程度の放牧頭数を確保する必要がある。

以上のように、暖地傾斜地の草地では草、牛の両面から厳しい条件におかれているが、気象条件及び地形条件に合致したきめ細かい利用管理を行えばそれらを克服し、年間800CDから1000CD程度の牧養力で長期間の放牧利用が可能であることを明らかにした。

摘 要

わが国西南暖地の傾斜地において、その気象及び地形条件を考慮に入れた草地の効率的な放牧利用を行うため、一連の研究を実施して以下の研究成果を得た。

1. 傾斜地における寒地型牧草地の適正利用法

暖地傾斜地での寒地型牧草の適正利用法を明らかにするため、西南暖地の代表的な寒地型牧草の1種であるトールフェスクを用いて、その生育特性や適正放牧圧を検討した。

トールフェスクを傾斜方向、角度の異なる人工草地に栽培し、その生育と傾斜条件との関連を調査した。その結果、トールフェスクの生産量は、春季に多く夏季に少ない季節生産性を示した。その様相は傾斜方向の影響が大きく、平面と北面では生産量が多く、スプリングフラッシュが顕著にあらわれたが、南面では早春を除いて北面と平面より生産量が少なく、夏枯れの程度が大きかった。

北面30度、平面及び南面30度の日射量を比較すると、北面30度は年間を通じて最も少なく、10月から3月は南面30度が、4月から8月は平面が最も多かった。3処理面の日射量の差は秋季と冬季が大きく、春季と夏季が小さかった。

草地の地温は秋～冬季は南面>平面>北面の関係が顕著であったが、夏季には処理間の差が小さくなった。土壌水分は、一般に冬季に高く夏季に低かったが、南面特にその30度は年間を通じて最も低かった。地温及び土壌水分は日射量の影響が大きく、これらの差によってトールフェスクの生育に差が生じたものと考えられた。

このように、南面草地は地温や土壌水分の面から寒地型牧草の生育にとって厳しい条件にあることが明らかとなり、刈り取り高さや

利用間隔などに十分な配慮が必要である。

つぎに、暖地における寒地型牧草を長期に放牧利用するための放牧圧を明らかにするため、トールフェスク草地の可食草に対する放牧頭数に強弱を設け、1牧区当たり年間7回の輪換放牧を6年間継続し、採食量、植生、草質の面から検討した。

年間放牧頭数は、ha当たり放牧圧の強区（H区）1368頭、弱区（L区）1013頭で、前者が後者より35%多かった。

年間採食量は、10a当たり乾物重でH区817kg、L区771kgであり、放牧圧による差は少なかった。1日1頭当たり採食量は、H区では春～秋季放牧では回次により4.8～6.1kg、冬季は7.3kgであり、L区では各々6.5～7.6kg、9.8kgであった。両区とも春季と冬季に高く、夏季から秋季にかけて低下した。

トールフェスクの被度は両区とも90%前後を維持した。野草の出現種数とその被度は、H区がやや高く推移したが、試験開始2～3年目以降は両区ともほぼ安定した。

酵素分析によるトールフェスクの各分画成分含有率は草丈の長短によって異なり、短い方が推定TDN含有率は高かった。しかし、その差が拡大する夏季以降では草丈の長い部分の割合が大きいため、同一放牧回次では、H区、L区の草質の差は小さかった。草質は季節による変化が大きく、春季は高く、夏季に低下し、秋から冬季に再び高まった。

本試験の施肥水準及び輪換放牧回数を前提とすれば、暖地における寒地型牧草地では、草地の利用率を4、5月は60～70%、6月から8月は40%、9、10月は50%、さらに冬季は70～80%程度に設定すれば、放牧家畜、草地の双方にとって無理がなく、長期間安定した利用が可能と判断された。

以上のように、暖地傾斜地において寒地型草地を放牧利用するに

は、とくに夏季の利用管理に細心の注意が必要である。

2. 寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせた不耕起造成草地の維持年限と季節生産性

わが国西南暖地の低標高地帯を主体とする不耕起造成草地の維持管理や季節生産性の平準化について検討するため、不耕起造成草地の造成9年目から15年目までの牧養力、植生及び生産量等の推移を調査した。この草地は、傾斜10～20度の北向き斜面のアカマツ林を伐採し、寒地型牧草と暖地型牧草を混播あるいは条播して不耕起法で造成したものである。

肉用牛（黒毛和種）の成牛あるいは育成牛を輪換放牧し、放牧期間は概ね3月中旬から11月下旬までの250日間程度であった。調査期間中の牧養力は平均 840 C D で、調査開始以前とほぼ同水準に維持された。また、夏季にも春季と同程度の牧養力が確保された。

草地の適正な放牧利用、管理に努めたため、牧草の顕著な余剰や不足は生じなかった。現存量、採食量及び採食利用率は季節や年次により異なり、草地の生産量や放牧方法（放牧頭数、滞牧日数など）の影響が大きいと判断される。年間平均採食量は乾物重で639kg / 10 a、1日1頭（成雌牛体重500kgに換算）当たりの平均採食量は7.8kgであった。

寒地型牧草（トールフェスク）と暖地型牧草（3草種）の各々1草種ずつが混播された草地では、夏季の寒地型牧草と暖地型牧草の被度の比は概ね5（トールフェスク）：5（ダリスグラス）、7（同）：3（バヒアグラス）及び8（同）：2（バミューダグラス）であった。また、両草種が1草種ずつ交互に条播された草地では、バヒアグラス及びバミューダグラスの被度は減少し野草が増加する傾向がみられ、混播草地の植生の方が条播草地より概して良好で安定していた。寒地型牧草4草種と暖地型牧草3草種が混播された草

地では、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラス及びダリスグラスの3草種が優占した。

3月から11月までの不耕起造成草地の平均生産量は乾物重で1025 kg/10aあり、2草種の混播区が最も多かった。その生産カーブは、寒地型牧草では春季が最も多くしだいに減少し、一方暖地型牧草は夏季の短期間に集中した生産量を示すため、総生産量では春季と夏季にピークがみられたが、季節生産性は各々の単播草地に比べて改善された。また、季節生産性の平準化には寒地型牧草と暖地型牧草の夏季の被度が6:4ないし7:3程度の混生比となる草生が望ましいと判断される。

以上のように、当草地では比較的高い牧養力が長期間にわたって維持され、植生も混播草地では特に良好な状態で安定して推移した。また、寒地型牧草と暖地型牧草を適度な割合で混生させれば、草地の季節生産性を改善できることが明らかになった。したがって、両型牧草の混播による不耕起造成方式は、西南暖地の急傾斜地帯を牧草地化するための1つの有効な方法と判断される。

3. 短草型草地の植生と適正利用法

短草型草地を安定して維持するための利用管理法を検討するため、シバ及びバミューダグラスの草地を移植によって造成し、輪換放牧を続けながら、植生の推移や草地の生産量を調査した。

両草地の放牧延頭数は造成後次第に増加し、造成4、5年目以降の草地が安定した状態では、年間ha当たり成雌牛標準体重で1000頭余りの放牧が可能であった。

シバ草地では、造成当初に1年生雑草が優占したが、掃除刈りや放牧によって急速に減少した。シバは、造成3年後には被度90%以上、SDR₂ 90以上となり、調査終了時（造成6年後）まで安定し

て推移した。

バミューダグラス草地では、シバ草地と同様に、掃除刈りや放牧によってバミューダグラスが優占し、一時安定したが、数回の寒害やシロクローバの侵入によって次第に衰退し、造成7年後以降には急速に荒廃した。当草種の導入に当たっては冬季の気温や施肥管理に十分な配慮が必要である。

4月から8月までの約4か月間禁牧した結果、シバやバミューダグラスよりも草丈、被度、草量などの増加割合が大きい草種が多くなり、両草種の生育が抑圧された。したがって、禁牧は短草型草地の植生を急速に悪化させるので注意が必要である。

放牧期間中の両草種の安定した状態での総生産量は、シバ草地が10a当たり乾物重で平均867kg、バミューダグラス草地が1184kgであった。また、シバ草地におけるシバの生産量は平均681kgで同草地の総生産量の78%を占め、バミューダグラス草地におけるバミューダグラスは755kgで、同草地の総生産量の64%を占めた。

シバの月別生産量は5月が最も多く、5～7月が多かったが、バミューダグラスは夏季の7～9月に集中して多く、両草種の季節生産性には相違がみられた。

シバ草地の放牧利用期間は、4月下旬から11月上旬までの約200日間、バミューダグラスは春の生育がやや遅いため、同草地では5月上旬から11月上旬までの約180日間であった。

4. 暖地傾斜地における放牧子牛の発育

暖地傾斜地における放牧子牛の発育をいかにして改善するかの基礎資料とするため、放牧繁殖牛から生産された子牛を濃厚飼料無給与で育成し、雌は36か月齢まで、雄は24か月齢までの発育成績を取りまとめた。

放牧雌子牛の生時、12か月齢、24か月齢及び36か月齢の体高はそれぞれ66.7cm、105.4cm、116.2cm及び121.1cmであり、胸囲は68.9cm、140.3cm、163.0cm及び177.9cmであった。また、管囲は各々9.3cm、14.1cm、15.4cm及び15.8cmであり、体重は25.0kg、202.3kg、308.7kg及び391.6kgであった。その結果、DGは生時から12か月齢まで0.49kg、12か月齢から24か月齢まで0.29kg、24か月齢から36か月齢まで0.23kgとなり、通算では0.33kgであった。

雌子牛は生後12～24か月齢で放牧牛の正常発育に比べてやや遅延がみられたが、36か月齢まで発育速度が高く保持され、標準値に近づいた。生時から18か月齢までの平均DGは0.44kgであり、濃厚飼料無給与の放牧によって、雌子牛の育成は可能と判断される。しかし、草地条件等によっては若干量の濃厚飼料の補給が必要であろう。

放牧去勢牛の生時、12か月齢及び24か月齢の体高はそれぞれ69.1cm、110.1cm及び121.9cmであり、胸囲は71.6cm、146.0cm及び165.9cmであった。また、管囲は各々9.9cm、15.2cm及び16.7cmであり、体重は28.2kg、224.7kg及び322.9kgであった。その結果、DGは生時から12か月齢まで0.54kg、12か月齢から24か月齢まで0.27kgであり、通算では0.40kgであった。

放牧去勢牛は、生時から3か月齢頃までは標準的な発育であったが、その後は次第に発育が停滞した。暖地においては、夏季の暑熱やピロプラズマ病の影響が大きく、合理的な放牧育成技術の確立が望まれる。

以上のように、暖地傾斜地の草地では草と放牧牛の両面から厳しい条件に置かれているが、気象条件及び地形条件に合致したきめ細かい利用管理を行えば、それらを克服して年間800CDから1000CD程度の牧養力で長期間の放牧利用が可能であることを明らかにした。

謝

辞

本研究において、京都大学川島良治教授には終始懇篤な指導と論文の綿密な校閲を賜った。また、同大学宮崎昭教授には有益な助言をいただいた。ここに衷心より謝意を表する。

本研究の遂行に当たっては、四国農業試験場土地利用部菅野考己元部長、同浅川正彦元部長ならびに同草野秀元部長より有益な指導と激励をいただいた。研究実施に当たっては同部草地畜産研究室細山田文男前室長の指導とご協力を得た。さらに、草地畜産研究室河野道治技官、野田博技官、元同室落合一彦技官、元傾斜地利用研究室谷口長則技官には助言とご協力を得た。また、土地利用部業務科職員の方々には長年にわたり研究実施にご協力いただいた。真壁悦子氏には調査及び取りまとめに当たって多大の助力を得た。また、中国農業試験場畜産部田中彰治部長はじめ部員の方々には、取りまとめに当たって様々な助言とご協力を得た。ここに記して、各位に心から謝意を表する。

引 用 文 献

- 1) 阿部 亮・堀井 聰(1972):粗飼料の細胞膜構成物質に関する研究 IV. 構造炭水化物の各種成分間の相互関係, 畜試研報25,69~74.
- 2) ———・篠田 満・岩崎 薫・佐藤文俊・須田孝雄・高橋 敏(1985): 乾草の各種成分分析に基づくTDN含量の推定法, 日畜会報56,12~19.
- 3) 安藤文桜・両角清一・富井光一・円通茂喜(1981):山地傾斜草地における育成牛の周年飼養技術の確立に関する研究, 草地試研報19,76~119.
- 4) Bryant, H.T., R.E. Blaser, R.C. Hammes, Jr and J.P. Fontenot(1970): Symposium on pasture methods for maximum production in beef cattle: Effect of grazing management on animal and area output, J. Anim. Sci. 30, 153~158.
- 5) Burns, J.C., H.D. Gross, W.W. Woodhouse and L.A. Nelson(1970): Seasonal dry matter distribution and annual yields of a cool-season sward as altered by frequency and rate of nitrogen application, Agron. J. 62, 453~458.
- 6) 大後美保・丸山栄三(1948):斜面における甘藷栽培と微気象, 農業気象4, 50~51.
- 7) ———・——— (1948):畦の任務に対する微気象学的研究, 農業気象4, 52.
- 8) 福原利一・小畑太郎・木原靖博(1973):放牧子牛の発育に関する研究(第1報) 発育曲線の推定および正常発育の範囲について, 中国農試報B20, 1~50.
- 9) ———・———・塩谷康生(1975):放牧和牛の子牛生産性について, 中国農試報B21, 43~51.
- 10) ——— (1976):和牛の発育について, 日畜会報47, 561~569.
- 11) ——— (1982):肉用種繁殖雌牛のサイズと子牛生産性, 家畜人工授精88, 23~27.
- 12) 福山正隆・嶋村匡俊・牛山正昭・及川棟雄(1983):短草型草地の特性の解

- 明 I. 単播草地における利用管理と生産力との関係, 草地試研報25, 96～110.
- 13) ———・————・————・———— (1985): 短草型草地の特性の解明 III. 短草混生草地の利用管理と生産力及び種相互の競合との関係, 草地試研報31, 93～107.
- 14) ———・————・————・———— (1986): 短草型草地の特性の解明 IV. 短草型放牧草地造成後の植生の変動, 草地試研報36, 66～79.
- 15) Greenhalgh, J.F.D. (1975): Factors limiting animal production from grazed pasture, J.Br.Grassld Soc. 30, 153～160.
- 16) 早川康夫・佐藤康夫 (1971): 永年放牧草地の特性と管理 第6報 季節生産平準化のための施肥方法, 北農試彙報99, 110～116.
- 17) ———・宮下昭光 (1972): 永年放牧草地の特性と管理 第7報 輪換放牧の季節生産平準化, 北農試彙報100, 91～96.
- 18) ———・佐藤康夫・宮下昭光 (1976): 肉用牛の放牧と草地の管理 第5報 濃厚飼料無給与での一貫仕上げ, 北農試報116, 63～72.
- 19) 林 兼六・太田 実・伊沢 健・照屋善吉・竹内三郎 (1966): 牛の放牧による肉生産に関する研究 I. 野草地および牧草地における全放牧の去勢牛の増体に及ぼす影響, 日畜会報37, 253～259.
- 20) ———・————・————・————・———— (1967): 牛の放牧による肉生産に関する研究 II. 若令肥育における春子および秋子の全放牧による増体比較, 日畜会報38, 345～350.
- 21) ———・嶋田 饒・————・小島邦彦 (1968): 牛の放牧による肉生産に関する研究 V. 放牧による野草地植生の動態, 日畜会報39, 200～205.
- 22) 林 健剛・石井邦彦・伊丹豊一 (1982): 黒毛和種雌牛の育成期における栄養の違いが発育および繁殖に及ぼす影響 I. 育成時の発育および繁殖成績, 日草誌28, 96～103.
- 23) Hill, G.M., N.W. Bradley and J.A. Boling (1979): Cow and calf performance on tall fescue- or Kentucky bluegrass-ladino clover forages, J. Anim. Sci. 49, 44～49.

- 24) 平吉 功・松村正幸(1957):シバ牧野に関する研究(第1報), 日草研誌 3,16~22.
- 25) 広瀬又三郎・井上隆吉・沼川武雄・高井慎二・佐々木泰斗(1968):人工草地の放牧利用状況に関する調査, 東北農試研速9,67~74.
- 26) 広瀬可恒・小竹森訓央・裏 悦次・寒河江洋一郎・吉田鉦次(1968):放牧方法が草地生産性に及ぼす影響, 日草誌14,247~254.
- 27) Holloway, J.W., W.T. Butts, Jr., J.D. Beaty, J.T. Hopper and N.S. Hall(1979): Forage intake and performance of lactating beef cows grazing high and low quality pastures, J. Anim. Sci. 48, 692~700.
- 28) Holmes, W., J.G.W. Jones and R.M. Drake-Brockman(1961): The feed intake of grazing cattle II. The influence of size of animal on feed intake, Anim. Prod. 3, 251~260.
- 29) 細山田文男・熊崎一雄・加治正春・土屋平四郎(1965):肉牛の多頭飼育に関する研究 第1報 放牧による若齡去勢牛の肥育について, 中国農試報B 13,31~55.
- 30) ———・林 英夫・土屋平四郎・熊崎一雄・加治正春(1966):肉牛の多頭飼育に関する研究 第2報 放牧による若齡去勢牛の肥育について(その二), 中国農試報B 14,41~68.
- 31) ———・———・——— (1967):肉牛の多頭飼育に関する研究 第3報 放牧中の若齡去勢牛への飼料補給量の差異の影響, 中国農試報B 15, 55~85.
- 32) ———・土屋平四郎・加治正春・林 英夫・熊崎一雄(1969):肉牛の多頭飼育に関する研究 第4報 牧草放牧地の牧養力と放牧した若齡肥育牛の発育と肉質, 中国農試報B 17,41~80.
- 33) ———・岐部利幸(1975):四国地域. 農林水産技術会議事務局編, 農林水産研究文献解題No.2, 草地の不耕起造成編, 農林水産技術会議事務局, 175~209.
- 34) ———・大槻和夫・河野道治(1983):四国須崎, 農林水産省草地試験場編 草地の動態に関する研究(第2次中間報告1 野草地編), 農林水産

省草地試験場, 123~138.

- 35) ———・———・——— (1986): 西南暖地のトールフェスク草地における冬季放牧に関する研究—特に肉用牛の周年放牧飼養技術体系の確立のための—, 四国農試報46, 11~108.
- 36) 今泉英太郎(1980): 子牛の代償性成長に関する研究 成長期における栄養給与水準の変更が子牛の成長生理に及ぼす影響, 北農試研報125, 85~159.
- 37) 井村 毅・村里正八・目黒良平・加納春平・竹下 潔・吉田正三郎・常石英作(1979): 乳用種去勢牛を用いた放牧肥育による牛肉生産の可能性 —北東北の事例—, 東北農試研報59, 141~152.
- 38) 猪ノ坂正之・伊藤耕司・沼口寛次・平川静馬(1973): 暖地型牧草の越冬性に関する研究. 第1報 播種期を変えて秋播きしたダリスグラス(*Paspalum dilatatum* Poir.)およびバヒアグラス(*Paspalum notatum* Flüggé)の初冬に至るまでの乾物の生産および分配, 日草誌19, 77~84.
- 39) 井上 尚(1975): 寒地型牧草との組合せ. 暖地型牧草地の造成維持管理と放牧利用技術の確立に関する研究, 宮崎県総合農業試験場, 68~71.
- 40) Inoue Y., M.Iwamoto, T.Kaminaga and S.Ogawa(1975): Relation between primary production and secondary production in the *Zoysia* type pasture, JIBP Synthesis 13, 178~179.
- 41) 井上楊一郎(1976): 草地と草地施業上の基礎知識(3), 畜研30, 1253~1254.
- 42) ——— (1978): 基礎と実施法 草地施業技術, 養賢堂(東京).
- 43) 石栗敏機(1972): 同一採草地から調整した1, 2, および3番刈オーチャードグラスとオーチャードグラス主体混播牧乾草の飼料価値について, 日草誌18, 252~259.
- 44) 伊藤 巖(1972): 積雪寒冷地帯の永年放牧草地に関する生態学的研究, 北農試研報103, 77~158.
- 45) 岩田文男・岐部利幸(1963): 瀬戸内地帯の畑における牧草の維持年限に関する研究 第1報 数種牧草収量の年次的推移について, 日草誌9, 17~21.
- 46) 加甲艶照・豊田広三(1976): 傾斜草地の土壌保全に関する研究 II. 傾斜

- 草地の土壤水分の変化, 草地試研報8, 55~66.
- 47) 加納春平・前野休明(1987): 公共育成牧場の立地特性と実態解析, 草地試研報37, 1~16.
- 48) 川鍋祐夫・吉原 潔・上野昌彦(1959): 牧草の夏枯れ防止に関する研究
I. 高温が牧草の光合成及び呼吸作用に及ぼす影響, 日作紀 27, 361~362.
- 49) ———・三寺光雄・高橋克己・常岡伸祐・山田豊一・吉原 潔・上野昌彦(1959): 夏季における牧草畑の微気象 I. 灌水, 混播及び刈取りによる地温の変化について, II. 気温, 湿度の日変化及びOrchardgrass, ladino cloverの蒸発散位について, 日作紀 28, 94~97.
- 50) 河野道治・大槻和夫・細山田文男・谷口長則・野田 博(1984): シバ型草地の動態に関する研究. (第1報) 造成したシバ草地の植生の変遷, 四国農試報44, 141~157.
- 51) ———・井村 毅・小迫孝実・細山田文男・大槻和夫(1986): 傾斜条件の相違が牧草の生育に及ぼす影響 第3報 暖地型牧草(バヒアグラス)の季節生産性, 日草誌32, 186~187.
- 52) 木島輝雄(1948): 冬期の畑の畝の温度に就いて, 農業気象4, 45~47.
- 53) 木内知美(1976): 全窒素. 作物分析法委員会編, 「栄養診断のための栽培植物分析測定法」, 養賢堂(東京), 63~69.
- 54) 吉良竜夫(1952): 生態学的にみたいわゆる過放牧々野, 植物生態学会報1, 209~213.
- 55) 今堂国雄・丸岡 詮・手島道明・内村忠道・横内罔生(1976): 放牧による草地の利用方法に関する研究 第1報 草丈を基準とし管理方式を組合せた放牧開始時期, 九州農試報18, 197~216.
- 56) 小竹森訓央・井村 毅・広瀬可恒(1972): 放牧強度が草地生産性に及ぼす影響, 日草誌18, 122~129.
- 57) 光富 伸(1981): 野草地(野シバ草地)の牧養力と利用技術, 高知県畜産試験場.
- 58) 小山信明・築城幹典・塩見正衛(1986): 放牧草地におけるエネルギーの流れ I. 細胞内容物と細胞膜物質のエネルギー現存量の季節的变化, 草地試

研報33,9～16.

- 59) 窪田文武・安達 篤(1978): 日長時間・気温・日射量およびこれらの要因の相互作用が主たる寒地型牧草の生育におよぼす影響, 日草誌23, 271～279.
- 60) 熊井清雄・長沢 忠・野本達郎(1973): 夏季に頻発するオーチャードグラス株枯れに対する一考察, 畜研27, 70～72.
- 61) ——— (1974): 牧草の季節生産性の機作ならびにその調整技術に関する研究, 草地試研報5, 137～265.
- 62) 倉田陽平・林 弥太郎(1971): 粗灰分. 森本 宏監修, 動物栄養試験法, 養賢堂(東京), 296～297.
- 63) 黒肥地一郎・美濃貞治郎・岩成 寿・滝本勇治・満岡 勝・甲斐光夫(1973): 草地放牧における若齢牛の栄養および肉生産 第1報 寒地型混播草地放牧における若齢肥育牛の増体および養分摂取量, 日草誌19, 11～19.
- 64) 久馬 忠・菊池武昭・高橋政義・滝沢静雄(1976): 黒毛和種自然哺乳子牛の摂食と栄養摂取量, 東北農試研報52, 145～159.
- 65) Makarechian, M., R.T. Berg and R. Weingardt(1982): Factors influencing calving performance in range beef cattle, J. Anim. Sci. 62, 345～352.
- 66) Marsh, R.(1975): A comparison between spring and autumn pasture for beef cattle at equal grazing pressure, J. Br. Grassld Soc. 30, 165～170.
- 67) Martin, T.G., R.P. Lemenager, G. Srinivasan and R. Alenda(1981): Creep feed as a factor influencing performance of cows and calves, J. Anim. Sci. 53, 33～39.
- 68) 松本 聡(1973): 中国地域における暖地型牧草の位置づけ, 日草中支報2, 65～76.
- 69) 三秋 尚・古市比天司・吉田幸正・山本一朗・岸川良吉(1977): 山陽地方における北方型牧草の生育と化学的成分に関する研究 1. 収量とその季節的年次的分布, 日草誌11, 7588
- 70) 南 哲朗(1984): 小型ピロプラズマ病, 農林水産技術会議事務局編 山地畜産技術マニュアル 第1編 山地畜産の基本と共通技術, 農林水産技術会

議事務局，（東京），194～201.

- 71) 三井計夫監修(1974): 飼料作物・草地ハンドブック, 養賢堂(東京).
- 72) 宮崎 昭・福田雅之・小島洋一(1978): 草地の養分生産力に関する研究—シバ植生の季節的養分生産について—, 昭和52年度 天然記念物「奈良のシカ」調査報告, 39～51.
- 73) ———・森本正隆・森田哲夫(1980): 草地の養分生産力に関する研究(第2報)—シバ植生の季節的養分生産について(2)—, 昭和54年度 天然記念物「奈良のシカ」調査報告, 133～143.
- 74) Miyazaki A., S. Kasagi and T. Mizuno(1984): Digestibility of Zoysia-type grass by Japanese deer, Jpn. J. Zootech. Sci. 55, 661～669.
- 75) Morley, F. H. W. and C. R. W. Spedding(1968): Agricultural system and grazing experiments, Herb. Abst. 38, 279～287.
- 76) 向井文雄・福島豊一(1982): 黒毛和種における妊娠の影響を考慮した Logisticモデルおよびそのパラメーター推定値と繁殖性との関係, 日畜会報 53, 251～259.
- 77) Murata Y. and J. Iyama(1963): Studies on the photosynthesis of forage crops II. Influence of air-temperature upon the photosynthesis of some forage and grain crops, Proc. Crop Soc. Japan 31, 315～322.
- 78) 名田陽一・沢村 浩(1985): 九州におけるトールフェスク, ダリスグラス, バヒアグラス各草地の季節生産性およびその組合せによる輪換放牧, 日草誌 30, 428～433.
- 79) ———(1985): 九州において越冬可能な暖地型牧草10草種のし好性を主とした放牧利用適性, 日草誌 30, 434～440.
- 80) 中野尚夫(1982): 瀬戸内地方におけるトールフェスク・ダリスグラス混生栽培に関する解析的研究, 岡山県立農試臨時報告 72, 1～56.
- 81) 中野秀治(1970): 肉用牛とくに黒毛和種の発育とその特徴, 畜研 24, 1166～1172.
- 82) 猶原恭爾(1965): 日本の草地社会(草資源の研究) 「資源科学シリーズ

- 2」，資源科学研究所（東京）。
- 83) ———— (1966)：日本の山地酪農 「資源科学シリーズ3」，資源科学研究所（東京）。
- 84) 梨木 守・野本達郎・原島徳一(1982)：放牧地の季節生産性に関する研究Ⅱ．施肥配分が牧草の季節生産性に及ぼす影響，草地試研報22,1～8。
- 85) 梨木 守・野本達郎・佐藤健次・目黒良平(1985)：公共育成牧場の経営，立地，及び利用・管理条件の実態 —継続牧場，新設牧場，及び再開牧場の特徴—，草地試研報33,1～8。
- 86) National Research Council(1984)：Nutrient Requirements of Beef cattle Sixth Revised Edition, National Academy Press (Washington D. C.)。
- 87) 西村宏一・吉田正三郎・竹下 潔・村田和子(1976)：放牧育成中の肉用牛の発育と生理反応，東北農試研速20,29～41。
- 88) 日本畜産学会編(1977)：畜産用語辞典，養賢堂（東京）。
- 89) 野田 博・松岡匡一(1968)：暖地における草地造成とその問題点の対策(3)，畜研22, 695～698。
- 90) 農林水産技術会議事務局(1975)：農林水産研究文献解題No.2，草地の不耕起造成編，農林水産技術会議事務局（東京）。
- 91) ———— (1979)：子牛の経済的育成技術の確立に関する研究（研究成果119），農林水産技術会議事務局（東京）。
- 92) ———— (1987)：日本飼養標準（1987年版），農林水産技術会議事務局（東京）。
- 93) ———— (1987)：日本標準飼料成分表（1987年版），農林水産技術会議事務局（東京）。
- 94) 農林水産省経済局(1979)：第54次農林水産省統計表，農林統計協会（東京）。
- 95) 農林水産省草地試験場公共牧場問題検討委員会(1988)：公共牧場の活性化とその対策（1），畜研42,538～542。
- 96) ———— (1988)：公共牧場の活性化

とその対策(3),畜研42,767~771.

- 97) 農林水産省草地試験場生態部(1972):草地の動態に関する研究実施要領.
- 98) 農林水産省畜産局(1981):草地管理指標,日本草地協会(東京).
- 99) 農林水産省畜産試験場(1981):新しい飼料分析法とその応用.農林水産省畜産試験場資料No.56-1.
- 100) 小原通郎(1967):牧草地の造成と肥培管理ならびに利用(10),畜研21,1650~1652.
- 101) 小畑太郎・福原利一・木原靖博(1973):放牧子牛の発育に関する研究(第2報 発育に及ぼす環境要因の補正について,中国農試報B 20,51~62.
- 102) ———・————・塩谷康生・岡野 彰・木原靖博(1977):肉用牛の育成時における成長と生産性,中国農試報B 22,27~51.
- 103) ———・————・————(1982):夏山冬里方式における放牧子牛の増体及び放牧成雌牛の体重変化に及ぼす各種要因の影響,中国農試報B 26,9~17.
- 104) 及川棟雄・嶋村匡俊・牛山正昭・福山正隆(1981):傾斜地における家畜行動と草地管理 II.牛道の幅,深さ,数と長さ及び発生場所,草地試研報20,190~215.
- 105) 岡本昌三・今泉英太郎・四十万谷吉郎(1972):乳用子牛の育成時における栄養水準がその後の生産性に及ぼす影響 第1報 同月齢交配群の18ヵ月齢までの成長,北農試報103,41~55.
- 106) 岡野 彰・居在家義昭・島田和宏・大石孝雄(1984):黒毛和種繁殖雌牛の生涯的な繁殖能力,日畜会報55,458~464.
- 107) ———・————・————・————(1985):黒毛和種繁殖雌牛の体格と子牛生産性について,中国農試報B 28,13~22.
- 108) 小野寺幸雄・花坂昭吾・木下善之・高橋英伍(1969):乳牛の放牧技術体系確立に関する研究 第1報 放牧方法が草地ならびに家畜におよぼす影響について,東北農試研速10,39~48.
- 109) ———・————・————・————(1971):乳牛の放牧技術体系確立に関する研究 第2報 1牧区の大きさと滞牧日数が草地と家畜に及ぼ

す影響について，東北農試研速12,47～61.

- 110) 大久保忠旦・高橋繁男・秋山 侃・井上楊一郎・岩元守男(1977): 放牧草地のエネルギー効率 第2報 シバ型草地の物質生産と光利用効率の季節的推移—禁牧した場合，日草誌23,30～42.
- 111) 大下正夫(1964): 人工草地の和牛放牧利用とその問題点，日草誌10,128～133.
- 112) 大槻和夫(1984): 草地の利用計画，農林水産技術会議事務局編，山地畜産技術マニュアル 第6編 四国，農林水産技術会議事務局（東京），75～103.
- 113) ———・河野道治・細山田文男・谷口長則・野田 博(1984): シバ型草地の動態に関する研究 第2報 輪換放牧で利用した短草型草地の植生の変遷と牧養力，四国農試報44,158～185.
- 114) ———・———・——— (1985): 短草型草地の植生と牧養力，畜研39,447～492.
- 115) ———・———・——— (1986): 草地の傾斜条件の相違が牧草の生育に及ぼす影響 第1報 寒地型牧草の生育と草地の傾斜方向・角度との関係，四国農試報46,109～123.
- 116) ———・———・——— (1987): 寒地型牧草と暖地型牧草を組み合わせた不耕起造成草地の維持年限と季節生産性，四国農試報48,65～81.
- 117) 小沢行雄(1962): 斜面の日射量について，農業気象18,39～41.
- 118) Petersen, R.G., H.L. Lucas and G.O. Mott(1965): Relationship between rate of stocking and per animal and per acre performance on pasture, Agron. J. 57, 27～30.
- 119) Riewe, M.E.(1961): Use of the relationship of stocking rate to gain in an experimental design for grazing trials, Agron. J. 53, 309～313.
- 120) Robinson, G.G. and I.H. Simpson(1975): The effect of stocking rate on animal production from continuous and rotational grazing system, J. Br. Grassld Soc. 30, 327～332.
- 121) Rogers, R.A., J.H. Dunn and C.J. Nelson(1977): Photosynthesis and cold hardening in Zoysia and bermudagrass, Crop Sci. 17, 727～732.

- 122) 笹原二郎(1979): 原虫による伝染病, 中村良一, 久米清治, 酒井保編, 臨床獣医ハンドブック, 義賢堂, (東京). 284~291.
- 123) 佐藤 庚・西村 格・伊東睦泰(1965): 草地における密度の維持に関する生態生理学的研究 第2報 栽植密度を異にするオーチャードグラスの生育に伴う生産構造及び体内成分の変化, 日草誌11, 151~159.
- 124) 佐藤健次・野本達郎・梨木 守(1988): 混播草地における黒毛和種繁殖牛の放牧密度が家畜の発育及び草地に及ぼす影響, 草地試研報39, 56~64.
- 125) 佐藤正一(1967): 中緯度における棚田段畑および斜面畑の日射に関する基礎的考察, 九州農試彙報12, 281~342.
- 126) 沢村 浩・鈴木慎二郎(1974): 放牧育成牛のサマースランプの要因について, 北農試研報108, 75~88.
- 127) 島田和宏・大石孝雄・居在家義昭・岡野 彰・貝 昌之・篠田稔彦(1986): 肉用牛の採食量に及ぼす品種, 放牧地条件の影響, 日畜会報57, 877~880.
- 128) ———・居在家義昭・岡野 彰・大石孝雄(1986): 放牧飼養における黒毛和種繁殖牛の分娩後の繁殖性に及ぼす年次, 季節, 産次, 産子の性, 乳量の影響, 日畜会報57, 1038~1040.
- 129) 嶋村匡俊・富井光一・牛山正昭(1981): 草地試験場山地支場の実験草地における十余年間の牧草生産量・利用量 II 放牧草地の牧草生産量・利用量, 草地試研報20, 167~189.
- 130) 塩見正衛(1986): 放牧草地のシステム分析 VIII 気象の年次変動と草地生産の関係 —西那須野の気象を例にして—, 草地試研報35, 11~23.
- 131) Shiomi M. and S.Takahashi(1987): A formulation of the relationship between herbage allowance and herbage intake for animals on grazed pasture, J.Japan.Grassl.Sci.32, 299~306.
- 132) Stobbs, T.H. and A.D.H. Joblin(1961): The use of liveweight-gain trials for pasture evaluation in the tropics. II. Variable stocking rate designs, J.Br.Grassld Soc.21, 181~185.
- 133) 菅原源寿(1976): 1. 「牧」の発展, 草地自給飼料百年史編さん委員会編, 草地自給飼料百年史, 中央畜産会(東京).

- 134) 杉本安寛・上野昌彦・仁木巖雄(1985)：バヒアグラス草地造成時における前駆牧草としての寒地型牧草導入の効果，日草誌30,396～403.
- 135) 鈴木 修・佐藤匡美・酒井義正(1985)：栄養条件を異にして育成した黒毛和種雌牛の発育，性成熟およびその後の子牛生産，草地試研報32,14～26.
- 136) 鈴木慎二郎・高野信雄・山下良弘(1972)：輪換放牧における育成牛の行動と体重変化，日草誌18,103～113.
- 137) ———・沢村 浩・高野信雄・難波直樹(1973)：放牧強度が草地生産と育成牛の発育に与える影響，北農試研報106,79～107.
- 138) 鈴木義則(1973)：畑土壤水分に関する研究，九州農試報16,383～591.
- 139) 庄司舜一(1972)：シバ型草地の生態に関する研究（1） シバ実験個体群における生産と生長特性，東北大農研報24,149～176.
- 140) ———（1974）：シバ型草地の生態に関する研究（3） 本邦草地における刈取と生産量，東北大農研報25,105～114.
- 141) 高野信雄・鈴木慎二郎・難波直樹・山下良弘(1969)：不食過繁地の生成要因とその抑圧に関する研究 第1報 放牧強度と掃除刈りの影響，北農試彙報94,71～78.
- 142) 武田京一(1963)：斜面の日射量について，農業気象19,59～60.
- 143) 滝本勇治・黒肥地一郎・岩成 寿・美濃貞治郎(1969)：若令牛の代償性発育に関する研究 第1報 仕上肥育前における低栄養飼養が肥育牛の代償性発育におよぼす影響，昭和44年度九州農試年報，54～59.
- 144) ———・—————・—————・—————（1970）：草地放牧による若令牛の栄養および牛肉生産に関する研究 一草地放牧が若令肥育牛の養分摂取量，エネルギー消費量および産肉性におよぼす影響一，昭和45年度九州農試年報，59～63.
- 145) ———（1985）：草利用による牛肉生産技術，自給飼料3,27～35.
- 146) 富樫研治・朝倉康弘・木村英宗・樋脇憲一・横内罔生・西川健太郎・布広昭・和田馴二(1984)：肉用種去勢放牧牛の肥育仕上げに対する品種，育成期の放牧草地および肥育期間ならびに濃厚飼料給与割合の影響，日畜会報55,947～954.

- 147) 上原勝樹(1961): 傾斜地開発利用に関する物理気象的研究, 香川大農学部
紀要No.7, 1~113.
- 148) Van Keuren, R.W.(1970): Symposium on pasture methods for maximum
production in beef cattle: Pasture methods for maximizing beef cattle
production in Ohio, J. Anim. Sci. 30, 138~142.
- 149) Van Soest, P.J. and R.H. Wine(1967): Use of detergents in the anali-
sis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constitu-
ents, J. Assoc. Of. Anal. Chem. 50, 50~55.
- 150) ——— (1967): Development of a comprehensive system of feed
analysis and its application to forages, J. Anim. Sci. 26, 119~128.
- 151) 山田豊一(1969): 牧草の栽培と利用, 養賢堂(東京) .
- 152) 山本健吾・大泉久一(1948): 傾斜地利用に関する研究 第1報 傾斜方位
による環境条件差異, 農業気象4, 7~13.
- 153) 山根一郎・伊藤 巖・岩波悠紀・小林裕志(1980): 草地農学, 朝倉書店(東京) .
- 154) 山崎清功・川村秋男(1963): 傾斜地における土壌水分の行動に関する研究
第1報 降雨後における水分の減少過程について, 四国農試報8, 185~204.
- 155) 山崎敏雄(1984): 放牧育成牛の評価と評価基準, 農林水産技術会議事務局
編 山地畜産技術マニュアル 第1編 山地畜産の基本と共通技術, 農林水
産技術会議事務局, (東京), 215~234.
- 156) Yiakoumettis, I.M. and W. Holmes(1972): The effect of nitrogen and
stocking rate on the output of pasture grazed by beef cattle, J. Br.
Grassld Soc. 27, 183~191.
- 157) 吉田重治(1950): 我国牧野の草原型と植生変遷に関する研究, 東北大農研
報2, 349~365.
- 158) Youngner, V.B.(1959): Growth of U-3 bermudagrass under various day
and night temperatures and light intensities, Agron. J. 51, 557~560.
- 159) ——— (1961): Growth and flowering of *Zoysia* species in response
to temperatures, photoperiods and light intensities, Crop Sci. 1, 91~93.
- 160) 全国和牛登録協会(1983): 黒毛和種正常発育曲線.

Studies on Effective Utilization of Sloping Pastures
by Grazing in the South-western Region

Kazuo OTSUKI

Summary

In order to accomplish effective utilization of sloping pastures in the south-western region of this country, several trials were conducted in Shikoku National Agricultural Experiment Station. The results are summarised as follows.

1. Reasonable use of temperate grass pastures

Tall fescue pastures were established artificially on slopes facing north and south with the inclinations of 15° and 30° and on level land, and the relation between the growth of tall fescue and the sloping condition of pastures was investigated for three years.

The annual yields of tall fescue on the south sloping pastures were lower than those on the level and the north ones all three years, and that of the third year of utilization was lower than those of the first and the second year in all the pastures. Mean annual dry matter yields of the level pasture, the north ones with the inclination of 15° and 30° and the south ones with those of 15° and 30° were 963kg, 928kg, 840 kg, 638kg and 633kg/10a, respectively.

The yield of tall fescue was generally high in spring and low in summer, but the phase of the seasonal change of yield differed with each pasture. And the yield and its seasonal change were largely influenced by the direction of the pasture. That is, in the level and the north sloping pastures, the yields were high from April to May and spring-flush appeared sharply, but in the south sloping pastures, the yields

were lower than those in the level and the north ones except early spring, and summer depression appeared more severely.

The amounts of insolation were measured for two years on the level land and the north and the south slope with inclination of 30° . The amount of insolation on the north slope was the lowest throughout the year. And that was the highest on the south slope from October to March and on the level land from April to August respectively. The difference among them was great from autumn to winter and was small from spring to summer.

The mean soil temperatures at the depths of 2cm and 5cm in the tall fescue pastures showed a tendency that those in the south pastures were higher than those in the level one, and those in the north ones were lower than those in the level one in winter, but the difference in the mean soil temperatures of the pastures decreased in summer. The maximum soil temperature and the diurnal range of soil temperature at the depth of 2cm were greater than those at that of 5cm. Like this, the soil temperatures in the pastures were largely influenced by the distribution of insolation.

The water contents of soil by volume in the tall fescue pastures from the surface to the depth of 5cm showed a tendency that those were high in winter and were low in summer. And those in the north sloping pastures were equal to those in the level one or a little lower than that, but those in the south ones, especially in that with the inclination of 30° , were considerably lower than those in the level one throughout the year.

The mean soil temperature and the maximum soil temperature differed with each pasture. That is, those in the south sloping pastures were higher and the periods in which temperate grasses were thought to be in danger of summer depression were longer than those in the level and the north ones. Moreover, the soil moisture contents in the south

sloping pastures were lower than that in the level and the north ones. The difference of tall fescue growth judged to be caused mainly by the differences of the soil temperatures and the soil moisture.

As mentioned above, it was found that the growth habits of temperate grass in the north sloping pastures were almost as same as that in the level one, but those in the south ones differed from that in the level one largely. As the south sloping pastures are specially under severe condition in the soil temperature and the soil moisture for the growth of temperate grasses, enough attention should be paid to the height of cutting or the interval of utilization.

Subsequently, the most suitable grazing pressure for permanent utilization of temperate grass pastures was determined with six years rotational grazing. In this trial, two levels of grazing pressure (high :H and low :L) per the available standing crop were set up and forage intake per animal, forage quality and yearly change of vegetation were examined. Annual numbers of cattle grazed in H and L were 1368 and 1013 head/ha.

Annual dry matter forage intakes in H and L were 817 and 771kg/10a, and the difference between the treatments was rather small. Forage intakes per day per head in H and L were 4.8~6.1kg and 6.5~7.6kg from spring to autumn, and 7.3kg and 9.8kg in winter, respectively. In both treatment, those were high in spring and winter and were low in summer and autumn.

The coverage of tall fescue kept about 90% during this trial. Number and the coverage of wild grasses in H were a little higher than those in L. But, those in both treatments were in considerably stable condition from the second or third year after the beginning of the trial.

The concentration of several components differed with heights of

tall fescue, and the estimated TDN concentration was higher in short one. But, the difference of forage quality was not so large between H and L. The quality of tall fescue was high in spring and decreased in summer, but it increased again in autumn and winter.

On the assumption that fertilizer level and number of rotation are almost equal to this trial, the percentage of intakes to standing crop should be 60~70% for April and May, 40% for June, July and August, 50% for September and October and 70-80% for winter. These levels of grazing pressure are thought to be suitable for both grazing animals and grasses.

Above all, grazing management on temperate grass swards must be paid close attention especially in summer in south-western region.

2. Persistency and seasonal productivity of pastures established by non-tilled method combining tropical grasses with temperate ones

In order to obtain the information on persistency and seasonal productivity of pastures established by non-tilled method in lowlands of the south-western region of Japan, the yearly changes of grazing capacity, vegetation and forage production of the pastures were investigated for seven years from the ninth year to the fifteenth year after the establishment. These pastures were established by non-tilled method with mix seeding or alternate row seeding of temperate and tropical grasses on the slope facing north with the inclination of $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ after cutting down Japanese red pine woods.

In these pastures, beef cattle (cows, heifers and steers of Japanese Black Cattle) were rotationally grazed. The grazing period was about 250 days from the middle of March to the end of November. Average grazing capacity of the pastures was 840 CD/ha, which was almost equal to that in the years before starting this study. Also, grazing capacity

in summer was almost the same as that in spring.

There was no marked surplus or lack of forage by the suitable utilization and management of the pastures. Standing crop, forage intake and the percentage of intake to the standing crop varied with seasons and years, and it was judged that forage productivity and the grazing method (numbers of grazing cattle, staying period etc.) caused these differences largely. The average annual forage intake was 639kg/10a (dry matter), and the mean forage intake per day per head (500kg of body weight) was 7.8kg.

In mix seeding pastures of tall fescue and one of three tropical grasses, dallisgrass, bahiagrass and bermudagrass , the approximate ratios of coverage of the former and the latter in summer were 5 (tall fescue):5(dallisgrass), 7(tall fescue):3(bahiagrass) and 8(tall fescue):2(bermudagrass) respecuively. And in alternating row seeding pastures of the same combinations mentioned above, a tendency was recognized that the coverage of bahiagrass and bermudagrass decreased a little and that of the weeds increased. And, it was judged that the vegetation in mix seeding pastures was generally better and more stable than alternating row seeding pastures. As for mix seeding pasture of four temperate grasses and three tropical ones, three species, tall fescue, Kentucky bluegrass and dallisgrass, became dominant.

Average forage production of the pastures from March to November was 1025 kg/10a, and that of the mix seeding pastures consisting of two species was the highest among them. The productivity of temperate grass (tall fescue) was the highest in spring and decreased gradually as the season progressed, and that of tropical grasses showed a tendency to concentrate in a short period during summer, so, yearly forage production curve had two peaks, one in spring and the other in summer. And seasonal change of productivity was flattened compared with that of each pure pasture. It was judged that the suitable ratio of coverage of

temperate grasses and tropical ones to minimize the seasonal change of forage production was 6:4 ~ 7:3.

Above all, in these pastures comparatively high grazing capacity has been maintained for a long period, and the vegetation has also been maintained in good and stable condition especially in the mix seeding pastures. Also, it was obvious that the improvement of seasonal change of forage production could be achieved by mix seeding of temperate grasses and tropical ones. Thus, it is concluded that the pasture establishment by non-tilled method with mix seeding of temperate and tropical grasses is one of the effective ways in order to establish pastures on the steep sloping land in the south-western region of this country.

3. Succession of vegetation and effective use of short grass type grassland

In order to obtain fundamental data for maintenance of short grass type grassland, *Zoysia* sward and bermudagrass sward were established by transplanting method, and the succession of vegetation and the productivity of both swards were investigated.

The grazing capacity of both swards increased by each successive year and were about 1000 cow-days per hectare on stable condition of vegetation, four or five years after transplanting.

In *Zoysia* sward, annual weeds, which were dominant first one or two years after establishing the sward, decreased rapidly and *Zoysia* increased by each successive year. The cover of *Zoysia* was over 90% and its SDR₂ was over 90 in the third year and thereafter it maintained those levels.

In bermudagrass sward, bermudagrass became dominant by trimming cuts and intensive grazing and it remained dominant first several

years. But it decreased gradually by cold hardiness and the depression by white clover, and it decreased rapidly after the seventh year. Therefore this species requires enough attention to winter temperature and management with fertilizers.

Under condition of protection from grazing for about four months (from April to August), both species, *Zoysia* and bermudagrass, showed a tendency to be depressed by other species, which exceeded them in the increasing ratio of height or cover, and the vegetation of both swards became worse.

Total dry matter yields of *Zoysia* and bermudagrass swards during grazing season were 867kg and 1184kg/10a, respectively under stable condition of vegetation. The yield of *Zoysia* was 681kg/10a and formed 78% of total yield of the sward. On the other hand, the yield of bermudagrass was 755 kg/10a and formed 64% of that of the sward.

To examine seasonal changes of yields of both species, dry matter yield of each month was determined. That of *Zoysia* showed the highest value in May and it maintained considerably high level from May to July. That of bermudagrass showed a tendency that it concentrated in summer.

Grazing season of *Zoysia* sward was about 200 days, from the latter part of April to the first part of November and that of bermudagrass was about 180 days, from the first part of March to that of November.

4. The growth of grazing calves on sloping pastures in south-western region

In order to clear the growth patterns of grazing beef calves, which were born by grazing beef cows and fed no supplement rations, the measuring data were collected from birth to 36 months of age (females) and to 24 months (males).

The mean values of several parts of females at 0, 12, 24 and 36 months of age were showed as below, withers height : 66.7cm, 105.4cm, 116.2cm and 121.1cm, heart girth: 68.9cm, 140.3cm, 163.0cm and 177.9cm, shank girth : 9.3cm, 14.1cm, 15.4cm and 15.8cm, body weight : 25.0kg, 202.3kg, 308.7kg and 391.6kg, respectively. Daily gains were 0.49kg (0-12 months of age), 0.29kg(12-24months), 0.23kg(24-35 months) and 0.33kg(0-36months).

The growth of females from 12 to 24 months of age showed a tendency to be low compared with the ranges of normal growth. But, the growth rates were maintained rather high till 36 months of age, so it came up to the center of the ranges of normal growth. It is concluded that the rearing of female calf by grazing without supplement is possible. But, in some case, supplement may be needed to some extent.

The mean values of several parts of males at 0, 12 and 24 months of age were showed as below, that were castrated about 3 months of age, withers height: 69.1cm, 110.1cm and 121.9cm, heart girth: 71.6cm, 146.0 cm and 165.9cm, shank girth : 9.9cm, 15.2cm and 16.7cm, body weight : 28.2kg, 224.7kg and 322.9kg. Daily gains were 0.54kg (0-12 months of age), 0.27kg(12-24months) and 0.40kg (0-24months).

Males showed normal growth from 0 to 3 months of age, but the growth rate decreased gradually thereafter. In this region, the rearing of steers by grazing have many problems, the heat of the summer and piroplasmosis etc., reasonable grazing system should be established.

Above all, grazing conditions in this region are severe upon both swards and grazing cattles. But, if reasonable management fit for each condition is given, it is possible to utilize grassland for a long time with high grazing capacity about 800-1000 cow-days.